

Normas de seguridad del OIEA

para la protección de las personas y el medio ambiente

Mantenimiento, vigilancia e inspección en servicio de centrales nucleares

Guía de seguridad
N° NS-G-2.6



IAEA

Organismo Internacional de Energía Atómica

NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA Y PUBLICACIONES CONEXAS

NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

Con arreglo a lo dispuesto en el artículo III de su Estatuto, el OIEA está autorizado a establecer o adoptar normas de seguridad para proteger la salud y reducir al mínimo el peligro para la vida y la propiedad, y a disponer lo necesario para aplicar esas normas.

Las publicaciones mediante las cuales el OIEA establece las normas pertenecen a la *Colección de Normas de Seguridad del OIEA*. Esta colección abarca la seguridad nuclear, radiológica, del transporte y de los desechos. La colección comprende las siguientes categorías: **Nociones Fundamentales de Seguridad, Requisitos de Seguridad y Guías de Seguridad**.

Para obtener información sobre el programa de normas de seguridad del OIEA puede consultarse el sitio del OIEA:

www.iaea.org/es/recursos/normas-de-seguridad

En este sitio se encuentran los textos en inglés de las normas de seguridad publicadas y de los proyectos de normas. También figuran los textos de las normas de seguridad publicados en árabe, chino, español, francés y ruso, el *Glosario de Seguridad Tecnológica del OIEA* y un informe de situación sobre las normas de seguridad que están en proceso de elaboración. Para más información se ruega ponerse en contacto con el OIEA en la dirección: Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Viena, Austria.

Se invita a los usuarios de las normas de seguridad del OIEA a informar al Organismo sobre su experiencia en la utilización de las normas (por ejemplo, si se han utilizado como base de los reglamentos nacionales, para realizar exámenes de la seguridad o para impartir cursos de capacitación), con el fin de asegurar que sigan satisfaciendo las necesidades de los usuarios. Se puede hacer llegar la información a través del sitio del OIEA o por correo postal a la dirección anteriormente señalada, o por correo electrónico a la dirección: Official.Mail@iaea.org.

PUBLICACIONES CONEXAS

El OIEA facilita la aplicación de las normas y, con arreglo a las disposiciones de los artículos III y VIII.C de su Estatuto, pone a disposición información relacionada con las actividades nucleares pacíficas, fomenta su intercambio y sirve de intermediario para ello entre sus Estados Miembros.

Los informes sobre seguridad en las actividades nucleares se publican como **Informes de Seguridad**, en los que se ofrecen ejemplos prácticos y métodos detallados que se pueden utilizar en apoyo de las normas de seguridad.

Existen asimismo otras publicaciones del OIEA relacionadas con la seguridad, como las relativas a la **preparación y respuesta para casos de emergencia**, los **informes sobre evaluación radiológica**, los **informes del INSAG** (Grupo Internacional Asesor en Seguridad Nuclear), los **informes técnicos** y los **documentos TECDOC**. El OIEA publica asimismo informes sobre accidentes radiológicos, manuales de capacitación y manuales prácticos, así como otras obras especiales relacionadas con la seguridad.

Las publicaciones relacionadas con la seguridad física aparecen en la *Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA*.

La *Colección de Energía Nuclear del OIEA* comprende publicaciones de carácter informativo destinadas a fomentar y facilitar la investigación, el desarrollo y la aplicación práctica de la energía nuclear con fines pacíficos. Incluye informes y guías sobre la situación y los adelantos de las tecnologías, así como experiencias, buenas prácticas y ejemplos prácticos en relación con la energía nucleoelectrónica, el ciclo del combustible nuclear, la gestión de desechos radiactivos y la clausura.

This publication has been superseded by Colección de normas de seguridad N° 74.

MANTENIMIENTO, VIGILANCIA
E INSPECCIÓN EN SERVICIO
DE CENTRALES NUCLEARES

Los siguientes Estados son Miembros del Organismo Internacional de Energía Atómica:

AFGANISTÁN	FILIPINAS	PAKISTÁN
ALBANIA	FINLANDIA	PALAU
ALEMANIA	FRANCIA	PANAMÁ
ANGOLA	GABÓN	PAPUA NUEVA GUINEA
ANTIGUA Y BARBUDA	GEORGIA	PARAGUAY
ARABIA SAUDITA	GHANA	PERÚ
ARGELIA	GRANADA	POLONIA
ARGENTINA	GRECIA	PORTUGAL
ARMENIA	GUATEMALA	QATAR
AUSTRALIA	GUYANA	REINO UNIDO DE
AUSTRIA	HAITÍ	GRAN BRETAÑA E
AZERBAIYÁN	HONDURAS	IRLANDA DEL NORTE
BAHAMAS	HUNGRÍA	REPÚBLICA ÁRABE SIRIA
BAHREIN	INDIA	REPÚBLICA
BANGLADESH	INDONESIA	CENTROAFRICANA
BARBADOS	IRÁN, REPÚBLICA	REPÚBLICA CHECA
BELARÚS	ISLÁMICA DEL	REPÚBLICA DE MOLDOVA
BÉLGICA	IRAQ	REPÚBLICA DEMOCRÁTICA
BELICE	IRLANDA	DEL CONGO
BENIN	ISLANDIA	REPÚBLICA DEMOCRÁTICA
BOLIVIA, ESTADO	ISLAS MARSHALL	POPULAR LAO
PLURINACIONAL DE	ISRAEL	REPÚBLICA DOMINICANA
BOSNIA Y HERZEGOVINA	ITALIA	REPÚBLICA UNIDA
BOTSWANA	JAMAICA	DE TANZANÍA
BRASIL	JAPÓN	RUMANIA
BRUNEI DARUSSALAM	JORDANIA	RWANDA
BULGARIA	KAZAJSTÁN	SAMOA
BURKINA FASO	KENYA	SAN MARINO
BURUNDI	KIRGUISTÁN	SAN VICENTE Y
CAMBOYA	KUWAIT	LAS GRANADINAS
CAMERÚN	LESOTHO	SANTA LUCÍA
CANADÁ	LETONIA	SANTA SEDE
COLOMBIA	LÍBANO	SENEGAL
COMORAS	LIBERIA	SERBIA
CONGO	LIBIA	SEYCHELLES
COREA, REPÚBLICA DE	LIECHTENSTEIN	SIERRA LEONA
COSTA RICA	LITUANIA	SINGAPUR
CÔTE D'IVOIRE	LUXEMBURGO	SRI LANKA
CROACIA	MACEDONIA DEL NORTE	SUDÁFRICA
CUBA	MADAGASCAR	SUDÁN
CHAD	MALASIA	SUECIA
CHILE	MALAWI	SUIZA
CHINA	MALÍ	TAILANDIA
CHIPRE	MALTA	TAYIKISTÁN
DINAMARCA	MARRUECOS	TOGO
DJIBOUTI	MAURICIO	TRINIDAD Y TABAGO
DOMINICA	MAURITANIA	TÚNEZ
ECUADOR	MÉXICO	TURKMENISTÁN
EGIPTO	MÓNACO	TURQUÍA
EL SALVADOR	MONGOLIA	UCRANIA
EMIRATOS ÁRABES UNIDOS	MONTENEGRO	UGANDA
ERITREA	MOZAMBIQUE	URUGUAY
ESLOVAQUIA	MYANMAR	UZBEKISTÁN
ESLOVENIA	NAMIBIA	VANUATU
ESPAÑA	NEPAL	VENEZUELA, REPÚBLICA
ESTADOS UNIDOS	NICARAGUA	BOLIVARIANA DE
DE AMÉRICA	NIGER	VIET NAM
ESTONIA	NIGERIA	YEMEN
ESWATINI	NORUEGA	ZAMBIA
ETIOPÍA	NUEVA ZELANDIA	ZIMBABWE
FEDERACIÓN DE RUSIA	OMÁN	
FIJI	PAÍSES BAJOS	

El Estatuto del Organismo fue aprobado el 23 de octubre de 1956 en la Conferencia sobre el Estatuto del OIEA celebrada en la Sede de las Naciones Unidas (Nueva York); entró en vigor el 29 de julio de 1957. El Organismo tiene la Sede en Viena. Su principal objetivo es “acelerar y aumentar la contribución de la energía atómica a la paz, la salud y la prosperidad en el mundo entero”.

This publication has been superseded by Colección de normas de seguridad N° 74.

COLECCIÓN DE NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA
N° NS-G-2.6

MANTENIMIENTO, VIGILANCIA
E INSPECCIÓN EN SERVICIO
DE CENTRALES NUCLEARES

GUÍA DE SEGURIDAD

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA
VIENA, 2022

DERECHOS DE AUTOR

Todas las publicaciones científicas y técnicas del OIEA están protegidas en virtud de la Convención Universal sobre Derecho de Autor aprobada en 1952 (Berna) y revisada en 1972 (París). Desde entonces, la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (Ginebra) ha ampliado la cobertura de los derechos de autor, que ahora incluyen la propiedad intelectual de obras electrónicas y virtuales. Para la utilización de textos completos, o parte de ellos, que figuren en publicaciones del OIEA, impresas o en formato electrónico, deberá obtenerse la correspondiente autorización y, por lo general, dicha utilización estará sujeta a un acuerdo de pago de regalías. Se aceptan propuestas relativas a la reproducción y traducción sin fines comerciales, que se examinarán individualmente. Las solicitudes de información deben dirigirse a la Sección Editorial del OIEA:

Dependencia de Mercadotecnia y Venta
Sección Editorial
Organismo Internacional de Energía Atómica
Vienna International Centre
PO Box 100
1400 Viena, Austria
fax: +43 1 26007 22529
tel.: +43 1 2600 22417
correo electrónico: sales.publications@iaea.org
<https://www.iaea.org/es/publicaciones>

© OIEA, 2022

Impreso por el OIEA en Austria
Marzo de 2022
STI/PUB/1136

MANTENIMIENTO, VIGILANCIA E INSPECCIÓN EN
SERVICIO DE CENTRALES NUCLEARES

OIEA, VIENA, 2022
STI/PUB/1136

ISBN 978-92-0-308319-5 (papel) | ISBN 978-92-0-343521-5
(PDF) | ISBN 978-92-0-343621-2 (EPUB)
ISSN 1020-5837

PRÓLOGO

Una de las funciones estatutarias del OIEA es establecer o adoptar normas de seguridad para proteger, en el desarrollo y la aplicación de la energía nuclear con fines pacíficos, la salud, la vida y los bienes, y proveer lo necesario para la aplicación de esas normas a sus propias operaciones, así como a las realizadas con su asistencia y, a petición de las Partes, a las operaciones que se efectúen en virtud de cualquier arreglo bilateral o multilateral, o bien, a petición de un Estado, a cualquiera de las actividades de ese Estado en el campo de la energía nuclear.

Los siguientes órganos supervisan la elaboración de las normas de seguridad: la Comisión sobre Normas de Seguridad (CSS); el Comité sobre Normas de Seguridad Nuclear (NUSSC); el Comité sobre Normas de Seguridad Radiológica (RASSC); el Comité sobre Normas de Seguridad en el Transporte (TRANSSC); y el Comité sobre Normas de Seguridad de los Desechos (WASSC). Los Estados Miembros están ampliamente representados en estos comités.

Con el fin de asegurar el más amplio consenso internacional posible, las normas de seguridad se presentan además a todos los Estados Miembros para que formulen observaciones al respecto antes de aprobarlas la Junta de Gobernadores del OIEA (en el caso de las Nociones Fundamentales de Seguridad y los Requisitos de Seguridad) o el Comité de Publicaciones, en nombre del Director General, (en el caso de las Guías de Seguridad).

Aunque las normas de seguridad del OIEA no son jurídicamente vinculantes para los Estados Miembros, estos pueden adoptarlas, a su discreción, para utilizarlas en sus reglamentos nacionales respecto de sus propias actividades. Las normas son de obligado cumplimiento para el OIEA en relación con sus propias operaciones, así como para los Estados en relación con las operaciones para las que este preste asistencia. A todo Estado que desee concertar con el OIEA un acuerdo para recibir su asistencia en lo concerniente al emplazamiento, diseño, construcción, puesta en servicio, explotación o clausura de una instalación nuclear, o a cualquier otra actividad, se le pedirá que cumpla las partes de las normas de seguridad correspondientes a las actividades objeto del acuerdo. Ahora bien, conviene recordar que, en cualquier trámite de concesión de licencia, la decisión definitiva y la responsabilidad jurídica incumbe a los Estados.

Si bien las mencionadas normas establecen las bases esenciales para la seguridad, puede ser también necesario incorporar requisitos más detallados, acordes con la práctica nacional. Además, existirán por lo general aspectos especiales que será necesario aquilatar en función de las circunstancias particulares de cada caso.

Se menciona cuando procede, pero sin tratarla en detalle, la protección física de los materiales fisionables y radiactivos y de las centrales nucleares en general; las obligaciones de los Estados a este respecto deben enfocarse partiendo de la

base de los instrumentos y publicaciones aplicables elaborados bajo los auspicios del OIEA. Tampoco se consideran explícitamente los aspectos no radiológicos de la seguridad industrial y la protección del medio ambiente; se reconoce que, en relación con ellos, los Estados deben cumplir sus compromisos y obligaciones internacionales.

Es posible que algunas instalaciones construidas conforme a directrices anteriores no satisfagan plenamente los requisitos y recomendaciones prescritos por las normas de seguridad del OIEA. Corresponderá a cada Estado decidir la forma de aplicar tales normas a esas instalaciones.

Se señala a la atención de los Estados el hecho de que las normas de seguridad del OIEA, si bien no jurídicamente vinculantes, se establecen con miras a conseguir que las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear y los materiales radiactivos se realicen de manera que los Estados puedan cumplir sus obligaciones derivadas de los principios generalmente aceptados del derecho internacional y de reglas como las relativas a la protección del medio ambiente. Con arreglo a uno de esos principios generales, el territorio de un Estado ha de utilizarse de forma que no se causen daños en otro Estado. Los Estados tienen así una obligación de diligencia y un criterio de precaución.

Las actividades nucleares civiles desarrolladas bajo la jurisdicción de los Estados están sujetas, como cualesquier otras actividades, a las obligaciones que los Estados suscriben en virtud de convenciones internacionales, además de a los principios del derecho internacional generalmente aceptados. Se cuenta con que los Estados adopten en sus ordenamientos jurídicos nacionales la legislación (incluidas las reglamentaciones) así como otras normas y medidas que sean necesarias para cumplir efectivamente todas sus obligaciones internacionales.

NOTA EDITORIAL

Se considera que todo apéndice contenido en las normas forma parte integrante de ellas y tiene la misma jerarquía que el texto principal. Los anexos, notas de pie de página y bibliografías, en caso de incluirse, sirven para proporcionar información suplementaria o ejemplos prácticos que pudieran ser de utilidad al lector.

En las normas de seguridad se usan formas verbales futuras al formular indicaciones sobre requisitos, deberes y obligaciones. El uso de formas verbales condicionales indica la recomendación de una opción conveniente.

La versión del texto en inglés es la versión autorizada.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
	Antecedentes (1.1, 1.2)	1
	Objetivo (1.3)	1
	Ámbito de aplicación (1.4–1.7)	1
	Estructura (1.8)	2
2.	MANTENIMIENTO, VIGILANCIA E INSPECCIÓN EN SERVICIO Y SU INTERRELACIÓN	3
	Mantenimiento (2.1–2.10)	3
	Vigilancia (2.11, 2.12)	6
	Inspección en servicio (2.13–2.15)	6
	Interrelación entre el mantenimiento, la vigilancia y la inspección en servicio (2.16, 2.17)	7
3.	FUNCIONES, RESPONSABILIDADES E INTERFACES	7
	Entidad explotadora (3.1–3.3)	7
	Órgano regulador (3.4, 3.5)	8
	Contratistas (3.6–3.9)	9
	Otras entidades, incluidos los diseñadores y los fabricantes (3.10, 3.11)	10
	Control de interfaces (3.12)	11
4.	ASPECTOS ORGANIZATIVOS	11
	Disposiciones generales (4.1–4.9)	11
	Estructura orgánica (4.10–4.16)	13
	Planificación y gestión de la seguridad (4.17–4.24)	15
	Procedimientos administrativos (4.25–4.28)	16
	Garantía de calidad (4.29)	18
	Capacitación y cualificación del personal (4.30–4.38)	19
5.	EJECUCIÓN DEL PROGRAMA DE MV+I	21
	Procedimientos (5.1–5.13)	21
	Control de los trabajos (5.14–5.19)	25

	Gestión de interrupciones del servicio (5.20–5.22)	27
	Coordinación e interfaces (5.23–5.26)	27
	Restablecimiento del estado operacional (5.27–5.32)	28
	Examen y auditoría del programa (5.33–5.38)	29
6.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS E INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN SOBRE LA EXPERIENCIA ADQUIRIDA.	31
	Registros e informes (6.1–6.4)	31
	Evaluación de resultados y medidas correctivas (6.5–6.10)	32
	Intercambio de información sobre la experiencia adquirida (6.11–6.14)	34
7.	ÁMBITOS EN LOS QUE SE APLICAN CONSIDERACIONES ESPECIALES	35
	Estructuras, sistemas y componentes para estados operacionales anómalos (7.1)	35
	Evaluación de riesgos del estado de la central en condiciones de parada (7.2–7.5)	36
	Envejecimiento de la central (7.6–7.8)	37
	Centrales diseñadas con arreglo a normas anteriores (7.9)	38
	Aplicaciones informáticas importantes para la seguridad (7.10–7.14)	38
8.	OTRAS CONSIDERACIONES ESPECÍFICAS SOBRE EL MANTENIMIENTO	40
	Jerarquización según la importancia para la seguridad (8.1–8.5)	40
	Locales de mantenimiento (8.6–8.20)	41
	Piezas de repuesto y existencias (8.21–8.40)	46
	Reparación y sustitución (8.41–8.54)	51
	Pruebas posteriores al mantenimiento (8.55)	54
9.	OTRAS CONSIDERACIONES ESPECÍFICAS SOBRE LA VIGILANCIA	54
	Programa de vigilancia (9.1–9.9)	54
	Vigilancia de la integridad de las barreras (9.10–9.14)	57
	Vigilancia de los sistemas de seguridad (9.15–9.17)	59
	Vigilancia de otros elementos (9.18)	60
	Frecuencia y alcance de la vigilancia (9.19–9.30)	61

Métodos de vigilancia (9.31–9.37)	65
Pruebas de funcionamiento (9.38–9.44)	66
Documentación y registros de vigilancia (9.45, 9.46)	69
10. OTRAS CONSIDERACIONES ESPECÍFICAS SOBRE LA INSPECCIÓN EN SERVICIO.	69
Programa de inspección en servicio (10.1–10.3)	69
Alcance de la inspección en servicio (10.4–10.7)	70
Calendario de inspecciones (10.8–10.10)	71
Pruebas de presión y de fugas (10.11–10.15)	72
Métodos y técnicas (10.16–10.20)	73
Equipo (10.21–10.23)	74
Cualificación de los sistemas de inspección en servicio (10.24–10.34)	75
Evaluación de los resultados de las inspecciones en servicio (10.35–10.44)	77
Referencias y registro de las inspecciones en servicio (10.45–10.47)	78
REFERENCIAS	80
GLOSARIO	81
COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y LA REVISIÓN	87
ENTIDADES ENCARGADAS DE LA APROBACIÓN DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD	89

This publication has been superseded by Colección de normas de seguridad N° 74.

1. INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

1.1. Para explotar una central nuclear en condiciones de seguridad es indispensable contar con procesos eficaces de mantenimiento, vigilancia e inspección en servicio (MV+I). Ello no solo garantiza que los niveles de fiabilidad y disponibilidad de todas las estructuras, sistemas y componentes (ESC) de la central que influyen en la seguridad se ajusten a las premisas y la finalidad del diseño, sino que permite que la seguridad de la central no se vea afectada negativamente una vez iniciada su explotación.

1.2. La presente guía de seguridad, en la que se formulan recomendaciones derivadas de la experiencia adquirida a nivel internacional con respecto a las medidas adoptadas para cumplir los requisitos de seguridad sobre MV+I, complementa la sección 6 de la publicación de Requisitos de Seguridad relativa a la seguridad de las centrales nucleares y su explotación [1] en lo que se refiere al mantenimiento, la vigilancia y la inspección en servicio de las ESC importantes para la seguridad. Esta publicación sustituye las tres guías de seguridad anteriores del OIEA tituladas *Inspección durante el servicio en centrales nucleares, Colección Seguridad N° 50-SG-O2 (1980)*; *Mantenimiento de centrales nucleares, Colección Seguridad N° 50-SG-O7 (1990)*; y *Vigilancia de elementos de importancia para la seguridad en centrales nucleares, Colección Seguridad N° 50-SG-O8 (1990)*.

OBJETIVO

1.3. El objetivo de la presente guía de seguridad es proporcionar recomendaciones y orientaciones relativas a las actividades de MV+I a fin de garantizar que las ESC importantes para la seguridad estén en condiciones de cumplir sus funciones conforme a las premisas y a la finalidad del diseño.

ÁMBITO DE APLICACIÓN

1.4. Esta guía de seguridad abarca los aspectos de organización y procedimiento de las actividades de MV+I, si bien no ofrece asesoramiento técnico especializado en relación con determinados elementos del equipo de una central ni abarca las inspecciones realizadas para el órgano regulador o por este.

1.5. La presente guía de seguridad aporta recomendaciones y orientaciones para la adopción de medidas preventivas y correctivas, concretamente para la realización de pruebas, la vigilancia y la inspección en servicio, necesarias para garantizar que todas las ESC importantes para la seguridad funcionen según lo previsto.

1.6. También comprende las medidas necesarias para cumplir los requisitos organizativos y administrativos con miras a implantar y ejecutar programas de mantenimiento preventivo y predictivo; reparar los elementos defectuosos de la central; seleccionar y capacitar al personal; proveer las estructuras y el equipo conexos; adquirir existencias y piezas de repuesto; y crear, recopilar y conservar los registros de mantenimiento a fin de instaurar y poner en práctica un sistema eficaz de intercambio de información sobre el mantenimiento.

1.7. Las actividades de MV+I deberían estar sujetas a normas de garantía de calidad en relación con todos los aspectos importantes para la seguridad. La garantía de calidad, que se analiza detenidamente en otras publicaciones de normas de seguridad del OIEA [2], se aborda aquí únicamente en casos concretos con objeto de subrayar su importancia.

ESTRUCTURA

1.8. En la sección 2 se presenta el concepto de MV+I y se estudia la relación entre mantenimiento, vigilancia e inspección. La sección 3 trata las funciones y cometidos de las distintas entidades que participan en las labores de MV+I. La sección 4 contiene recomendaciones y orientaciones sobre aspectos relacionados con la organización como la estructura orgánica, la planificación y la gestión de la seguridad, el control administrativo, la garantía de calidad y la capacitación y cualificación del personal. Las secciones 5 y 6 abarcan la ejecución de un programa de MV+I, el análisis de los resultados y el intercambio de información sobre la experiencia adquirida. En la sección 7 se señalan los aspectos que deben tenerse especialmente en cuenta en relación con el programa de MV+I. Por último, en las secciones 8 a 10 se abordan otros temas relacionados específicamente con las actividades de MV+I.

2. MANTENIMIENTO, VIGILANCIA E INSPECCIÓN EN SERVICIO Y SU INTERRELACIÓN

MANTENIMIENTO

2.1. El programa de mantenimiento de una central nuclear debería incluir todas las medidas preventivas y correctivas, tanto administrativas como técnicas, necesarias para detectar y mitigar la degradación de cualquier ESC que esté en funcionamiento o para restituir a un nivel aceptable las funciones previstas en el diseño de cualquier ESC que presente un fallo. Las labores de mantenimiento también tienen la finalidad de potenciar la fiabilidad del equipo. Entre ellas se cuentan la puesta a punto, la revisión, la reparación y la sustitución de piezas y a menudo, cuando procede, la realización de pruebas, la calibración y la inspección.

Tipos de mantenimiento

2.2. Aunque hay diversas formas de abordar el concepto de mantenimiento, por las actividades que engloba este puede dividirse en mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo. Una parte considerable de todo el trabajo de mantenimiento se realiza cuando la central está en régimen de parada. No obstante, el mantenimiento puede planificarse y ejecutarse mientras la central esté en funcionamiento, siempre que se mantenga una defensa en profundidad adecuada. En el glosario pueden consultarse las definiciones de los distintos tipos de mantenimiento.

2.3. El mantenimiento preventivo debería incluir las labores de mantenimiento periódico, predictivo y programado que deben realizarse antes de que falle alguna ESC a fin de preservar su vida en servicio mediante el control de la degradación y la prevención de fallos.

- a) Las labores de mantenimiento periódico, que convendría efectuar de manera sistemática, pueden incluir cualquier combinación de inspecciones externas, alineaciones o calibraciones, inspecciones internas, revisiones y sustituciones de componentes o equipo.
- b) El mantenimiento predictivo debería entrañar una labor continua o periódica de monitorización y diagnóstico que sirva para predecir cualquier fallo del equipo. Sin embargo, no todos los estados del equipo y modos de fallo pueden ser monitorizados, razón por la cual el mantenimiento predictivo debería aplicarse de forma selectiva cuando resulte apropiado. Entre las

técnicas predictivas cabe mencionar la monitorización de las condiciones, el mantenimiento centrado en la fiabilidad y técnicas similares.

- c) Las actividades de mantenimiento programado, que deberían llevarse a cabo antes de que se produzca una degradación inaceptable o un fallo del equipo, pueden ponerse en marcha atendiendo a los resultados del mantenimiento predictivo o periódico, a las recomendaciones de los proveedores o a la experiencia previa.

2.4. El mantenimiento correctivo abarca todas las intervenciones que, mediante reparación, revisión o sustitución, ponen cualquier ESC que haya fallado nuevamente en condiciones de cumplir la función que tenga definida dentro de los criterios de aceptación.

Enfoque sistémico del mantenimiento

2.5. Cualquier enfoque sistémico que se adopte en relación con el mantenimiento de las ESC importantes para la seguridad debería incluir los elementos siguientes:

- a) una evaluación sistemática de las funciones y los objetivos de las ESC para determinar las labores de mantenimiento necesarias y los requisitos conexos;
- b) un método centrado en los objetivos de mantenimiento a largo plazo que establezca un programa de mantenimiento proactivo, en lugar de reactivo;
- c) un enfoque de mantenimiento centrado en la fiabilidad, y
- d) una planificación y programación del mantenimiento que responda a los objetivos generales del programa.

Optimización del mantenimiento

2.6. Debería adoptarse un enfoque sistemático de evaluación para determinar qué labores de mantenimiento han de realizarse, en qué ESC y con qué periodicidad a fin de optimizar el uso de los recursos asignados al mantenimiento y garantizar la disponibilidad de la central. Ese enfoque puede aplicarse para establecer un programa de mantenimiento preventivo y optimizar el programa de mantenimiento en curso. El objetivo de la optimización es aprovechar la vigilancia de las condiciones para determinar dónde es posible obviar labores de mantenimiento innecesarias y evitar fallos inducidos por errores de mantenimiento. Si se ha llevado a cabo una evaluación probabilista de la seguridad, sus resultados pueden utilizarse para ese fin.

2.7. La entidad explotadora debería seguir de cerca el comportamiento o las condiciones de las ESC y evaluarlos en relación con los objetivos que haya fijado

a efectos de obtener una certeza razonable de que las ESC están en condiciones de cumplir las funciones para las que se han concebido. Esos objetivos deberían ser proporcionales a los requisitos de seguridad. Además, siempre que sea factible, convendría tener en cuenta la experiencia operacional del sector en su conjunto. Cuando el comportamiento o las condiciones de una ESC no cumplan los objetivos establecidos, deberían adoptarse las medidas correctivas apropiadas.

2.8. Convendría implantar un programa adecuado de vigilancia de las condiciones que favorezca la optimización del programa de mantenimiento, que debería basarse en las siguientes premisas, como mínimo:

- que los parámetros objeto de vigilancia sean indicadores adecuados de las condiciones de las ESC;
- que los criterios de aceptación estén disponibles;
- que se tengan en cuenta todos los posibles modos de fallo, y
- que sea posible rastrear y predecir el comportamiento del eventual fallo.

2.9. El programa de monitorización de las condiciones debería comprender, aunque no exclusivamente, las ESC que cumplan las condiciones siguientes:

- garantizar una explotación segura o cuyo fallo pueda poner en peligro una función de seguridad;
- seguir funcionando tras un accidente base de diseño para garantizar la continuidad de las funciones de seguridad o cuyo fallo pueda impedir que las ESC que tienen relación con la seguridad cumplan las funciones de seguridad previstas, y
- poder utilizarse en los procedimientos de explotación de la central para casos de emergencia o que hayan de servir para mitigar las consecuencias de estados transitorios o accidentes que sobrepasen la base de diseño.

Para más información sobre la monitorización de las condiciones, véase la guía de seguridad Q13, que figura en la referencia [2].

2.10. Convendría analizar los cambios que se deriven de la optimización del mantenimiento a fin de evaluar los efectos de la modificación del enfoque de mantenimiento en la disponibilidad del sistema y los riesgos generales para la central en todos los estados de explotación y de parada. En todo examen periódico del proceso de optimización convendría integrar la experiencia operacional, en particular nuevos modos de fallo y los datos correspondientes. En el proceso de optimización convendría prestar la debida atención a la necesidad de mantener la fiabilidad requerida de las ESC y los márgenes de seguridad adecuados.

VIGILANCIA

2.11. Los objetivos del programa de vigilancia son: mantener y aumentar la disponibilidad del equipo; confirmar que se cumplen los límites y condiciones operacionales, y detectar y corregir toda situación anómala antes de que pueda tener consecuencias importantes para la seguridad. Son situaciones anómalas de importancia para el programa de vigilancia no solo las deficiencias en el funcionamiento de las ESC y los programas informáticos, los errores de procedimiento y los errores humanos, sino también las tendencias que se encuentran dentro de límites aceptados y cuyo análisis pueda indicar que la central se está desviando del propósito del diseño.

2.12. La entidad explotadora debería implantar un programa de vigilancia que permita verificar que las ESC importantes para la seguridad están listas para funcionar en todo momento y pueden cumplir sus funciones de seguridad conforme a lo previsto en el diseño. Este programa también ayudará a detectar las tendencias del envejecimiento de modo que se pueda preparar y ejecutar un plan para mitigar sus efectos.

INSPECCIÓN EN SERVICIO

2.13. Durante la vida operacional de la central la entidad explotadora debería examinar las ESC con objeto de detectar su posible deterioro y determinar si su estado es aceptable para seguir explotando la central en condiciones de seguridad o si procedería adoptar medidas correctivas. Convendría hacer hincapié en el examen de la barrera de presión de los circuitos de refrigeración primario y secundario, dada su importancia para la seguridad y la gravedad de las posibles consecuencias en caso de fallo.

2.14. Deberían recopilarse datos de referencia para su uso futuro. Estos datos, que suelen obtenerse generalmente en la inspección previa a la puesta en servicio que se efectúa antes del comienzo de las operaciones de la central, proporcionan información sobre las condiciones iniciales y, junto con los datos de fabricación y construcción, sirven como base de comparación con los datos resultantes de exámenes posteriores. Al efectuar la inspección previa al servicio convendría emplear los mismos métodos, técnicas y tipos de equipo que se prevea utilizar en las inspecciones en servicio. Siempre que una ESC se haya reparado o sustituido, debería llevarse a cabo una inspección previa al servicio antes de que se ponga en funcionamiento.

2.15. Cuando se establezcan nuevos métodos de inspección convendría efectuar una comparación con los métodos anteriores. Esa comparación servirá de nueva base de referencia para inspecciones futuras.

INTERRELACIÓN ENTRE EL MANTENIMIENTO, LA VIGILANCIA Y LA INSPECCIÓN EN SERVICIO

2.16. El mantenimiento, la vigilancia y la inspección en servicio tienen un objetivo común, a saber, garantizar que la central funcione conforme a las premisas y el propósito del diseño y dentro de los límites y condiciones operacionales. Así, por ejemplo, el mantenimiento debería ir seguido siempre de una serie de pruebas. Los resultados de la vigilancia o la inspección en servicio deberían compararse con los criterios de aceptación. Si los resultados no se ajustan a los criterios de aceptación, convendría adoptar medidas correctivas, en especial, medidas de mantenimiento correctivo, como el ajuste, la reparación o la sustitución de elementos defectuosos para evitar que el problema se repita. Esas actividades deberían planificarse y coordinarse de manera eficaz. Convendría crear una base de datos común para que las entidades que participen en la planificación y ejecución de las actividades de MV+I puedan compartir datos de interés y evaluaciones de los resultados.

2.17. El proceso de pruebas, que abarca las pruebas posteriores al mantenimiento, las pruebas de vigilancia y las pruebas de inspección en servicio, tiene por objeto confirmar que las ESC siguen ajustándose al propósito del diseño. En la presente guía de seguridad se tratan por separado las pruebas de mantenimiento, las de vigilancia y las de inspección en servicio, según el caso. En la guía de seguridad Q4, que figura en la referencia [2], se ofrecen más indicaciones sobre la realización de las pruebas.

3. FUNCIONES, RESPONSABILIDADES E INTERFACES

ENTIDAD EXPLOTADORA

3.1. La entidad explotadora debe preparar y aplicar un programa de MV+I en relación con las ESC importantes para la seguridad, programa que debe haberse establecido antes de cargar el combustible y que debe ponerse en conocimiento del órgano regulador con todo detalle. Los límites y condiciones operacionales,

así como cualquier otro requisito reglamentario aplicable, deben ser tenidos en cuenta en el programa y ser reevaluados cuando corresponda a la luz de la experiencia [1]. En él también deben tomarse en consideración los avances científicos y tecnológicos más recientes.

3.2. La entidad explotadora debería asegurar que las actividades de MV+I de las ESC importantes para la seguridad tengan el nivel y frecuencia que se requieren para que su grado de fiabilidad y funcionalidad se ajuste en todo momento, a lo largo de la vida operacional de la central, a las premisas y el propósito del diseño.

3.3. La entidad explotadora debería evaluar periódicamente el comportamiento de las ESC, así como las actividades de vigilancia de las condiciones y sus objetivos conexos, y toda actividad vinculada a las labores de MV+I. Por tanto, debería tener en cuenta la experiencia operacional del sector en su conjunto y, cuando sea posible, contribuir a ella. Convendría realizar los ajustes necesarios para lograr el equilibrio adecuado entre el objetivo de prevenir fallos de las ESC mediante su mantenimiento o detección con pruebas, actividades de vigilancia e inspecciones en servicio y el de reducir al mínimo el tiempo de no disponibilidad de esas ESC debido a las actividades de vigilancia o de MV+I. Al llevar a cabo esas actividades, convendría analizar todo equipo de la central que esté fuera de servicio, y determinar y tener en cuenta el efecto general de ese estado de no disponibilidad en el comportamiento de las funciones de seguridad.

ÓRGANO REGULADOR

3.4. El grado de intervención del órgano regulador en las labores de MV+I de una central nuclear dependerá de las prácticas propias de cada Estado. En términos generales, el órgano regulador se preocupará fundamentalmente de asegurar que todas esas actividades se lleven a cabo correctamente, sobre todo en lo que respecta a las ESC importantes para la seguridad. En la mayoría de los casos el órgano regulador puede participar, como mínimo, en las siguientes actividades:

- establecimiento de reglas y condiciones que garanticen la idoneidad de las labores de MV+I en relación con las ESC importantes para la seguridad (por ejemplo, reglas y directrices aplicables al contenido del programa de MV+I, requisitos para revisar el programa de mantenimiento a tenor de nuevos métodos, o requisitos para la cualificación del equipo);
- aprobación de las partes del programa de MV+I relacionadas con los límites y las condiciones operacionales y de todo cambio efectuado;

- supervisión del cumplimiento del programa de MV+I y el programa de garantía de calidad conexo (por ejemplo, exigiendo a la entidad explotadora que informe sobre su grado de cumplimiento del programa de MV+I o efectuando inspecciones aleatorias de los registros de MV+I);
- supervisión y evaluación selectivas de los resultados del programa de MV+I (lo que incluye las pruebas de funcionamiento, las pruebas no destructivas, el mantenimiento preventivo y la vigilancia de los sistemas);
- observación de determinadas actividades de MV+I por conducto de sus representantes;
- evaluación de determinados procedimientos y listas de comprobación del programa de MV+I;
- estudio de propuestas de nuevos enfoques para las actividades de MV+I (como el mantenimiento centrado en la fiabilidad, el mantenimiento basado en las condiciones o nuevos métodos de pruebas no destructivas), y
- vigilancia encaminada a verificar que se adoptan medidas adecuadas cuando se detectan condiciones de seguridad insatisfactorias o potencialmente insatisfactorias.

3.5. La entidad explotadora debería presentar al órgano regulador descripciones de todo nuevo enfoque de MV+I que pueda entrañar cambios importantes en las estrategias de MV+I aprobadas, junto con la documentación pertinente, para que sean objeto de examen minucioso. Entre los ejemplos de esos nuevos enfoques cabe mencionar la optimización del mantenimiento, el uso de nuevas técnicas y métodos de inspección en servicio o el empleo de nuevas pruebas de funcionamiento y la cancelación de las que se realizaban anteriormente.

CONTRATISTAS

3.6. La entidad explotadora puede delegar en otras entidades la ejecución del programa de MV+I o de cualquier parte de este, si bien debe responsabilizarse de la totalidad del trabajo que se haya delegado [1].

3.7. La entidad explotadora debería velar por que se instaure una organización eficaz en materia de MV+I, que garantice el cumplimiento de todas las funciones administrativas, técnicas y de supervisión necesarias para movilizar y supervisar los recursos de MV+I localizados en el emplazamiento y fuera del emplazamiento. La dirección de la central debe responsabilizarse de todas las tareas realizadas en su nombre [1].

3.8. Los contratistas deberían estar sujetos a las mismas normas que el personal de la central, en particular en lo que respecta a la competencia profesional, la adhesión a los procedimientos y la evaluación del desempeño. Convendría adoptar las medidas adecuadas para asegurar que los contratistas se atengan a las normas técnicas y a la cultura de seguridad de la entidad explotadora.

3.9. Las actividades realizadas por contratistas u otros trabajadores que no sean empleados permanentes de la central deberían controlarse mediante los sistemas de gestión establecidos, que deberían comprender la capacitación y cualificación del personal del contratista, la protección radiológica, el conocimiento y la observancia de los procedimientos, el conocimiento de los sistemas de la central y los procedimientos administrativos aplicables en condiciones tanto de funcionamiento normal como de emergencia. Convendría tener informado al personal del contratista de sus obligaciones en relación con la seguridad de la central y el equipo de cuyo mantenimiento se ocupa, sin que ello, no obstante, exima en lo más mínimo a la entidad explotadora de la responsabilidad primordial que le incumbe de velar por la seguridad de la central, por que el trabajo de los contratistas sea de la calidad requerida, y por que estos respondan de él por los cauces apropiados [1].

OTRAS ENTIDADES, INCLUIDOS LOS DISEÑADORES Y LOS FABRICANTES

3.10. Debería existir una estrecha relación entre la entidad explotadora y las entidades encargadas del diseño o la fabricación que ofrezca garantías de que el programa de MV+I se base en un conocimiento preciso de los fundamentos teóricos del diseño o de la tecnología de fabricación y los aspectos técnicos de la central y de que la central esté diseñada para facilitar y optimizar las labores de MV+I. Las entidades encargadas del diseño y la fabricación también pueden contribuir de manera eficaz a la capacitación del personal de la entidad explotadora.

3.11. La entidad explotadora debería tener acceso duradero a entidades debidamente especializadas en labores de diseño e ingeniería. Para asegurar a largo plazo la continuidad del acceso a esos recursos puede ser necesario concertar acuerdos comerciales especiales. Durante la vida operacional de la central la entidad explotadora debería mantener una estrecha relación con la entidad encargada del diseño o la fabricación. Es indispensable que, cuando se detecten fallos latentes en la central o se requieran modificaciones, la entidad de diseño o de fabricación garantice una asistencia eficaz y oportuna. A tales efectos,

convendría que la entidad explotadora dispusiera lo necesario para intercambiar información sobre su experiencia operacional y datos sobre la fiabilidad con la entidad encargada del diseño o la fabricación.

CONTROL DE INTERFACES

3.12. Debería existir un sistema eficaz de control de interfaces en todas las actividades de MV+I y un conocimiento preciso de la distribución de responsabilidades entre las distintas dependencias orgánicas que intervienen en las labores de MV+I (véanse también los párrafos 5.23 a 5.26). En particular, convendría definir con claridad la interfaz entre la entidad explotadora y los contratistas mediante disposiciones explícitas sobre el mantenimiento del control de la configuración a fin de garantizar la seguridad de la central en el curso de los trabajos contratados y con posterioridad. Para más información sobre las interfaces, véanse el anexo II de la guía de seguridad Q1 y la guía de seguridad Q13 que figuran en la referencia [2].

4. ASPECTOS ORGANIZATIVOS

DISPOSICIONES GENERALES

4.1. Antes de la carga del combustible la entidad explotadora debería preparar un programa de MV+I con el fin de preservar la funcionalidad y fiabilidad de las ESC o de restaurarlas a medida que vayan degradándose. Por lo general, ese programa consistirá en distintas actividades de MV+I destinadas a garantizar que las condiciones de seguridad de la central se ajusten en todo momento a las premisas y la finalidad del diseño y no se vean afectadas una vez iniciada la explotación.

4.2. Dado que el diseño y los objetivos del diseño de una central nuclear influyen considerablemente en el programa de MV+I, la elaboración de ese programa debería iniciarse en las primeras fases del diseño. Los requisitos del programa de MV+I deberían tenerse en cuenta en el diseño final y en los detalles de construcción, como también en el informe de análisis de seguridad de la central. A tal efecto, la entidad explotadora debería adoptar las medidas necesarias para que su personal experimentado consulte periódicamente a la entidad encargada del diseño.

4.3. El programa de MV+I debería estar plenamente integrado en las actividades de explotación y modificación de la central. El programa debería revisarse y actualizarse sistemáticamente en la medida necesaria con el fin de incorporar la experiencia operacional adquirida en el emplazamiento y fuera de él, las modificaciones introducidas en la central o en su régimen de explotación, el envejecimiento de las instalaciones y los métodos, deterministas y probabilistas, utilizados para determinar y evaluar la seguridad. La documentación, los procedimientos y los registros derivados del programa de MV+I deberían gestionarse de conformidad con las disposiciones en vigor en materia de garantía de calidad (véase la referencia [2]).

4.4. Las metas, los objetivos y las prioridades del programa de MV+I deberían definirse de manera que sean coherentes con las políticas y los objetivos de la central. Convendría crear y utilizar indicadores operacionales adecuados del comportamiento de la seguridad para supervisar y mejorar la calidad de las actividades de MV+I. El personal directivo superior debería promover la ejecución del programa de MV+I con eficacia y un alto nivel de calidad. La información y los resultados derivados de la ejecución del programa de MV+I deberían utilizarse en los exámenes de rendición de cuentas y al establecer metas y objetivos en períodos de planificación posteriores.

4.5. La frecuencia de MV+I de las distintas ESC debería determinarse teniendo en cuenta lo siguiente:

- su importancia relativa para la seguridad;
- la fiabilidad requerida;
- el potencial de degradación estimado durante la explotación y las características de envejecimiento;
- la experiencia operacional, y
- las recomendaciones del fabricante.

4.6. La organización y el volumen de personal y su cualificación deberían ajustarse a los fines de explotación de la central, las tareas que deba realizar el personal de la central durante la interrupción del servicio y la supervisión del trabajo de los contratistas, en caso de que se utilicen.

4.7. Cuando se produzca un suceso anómalo, la entidad explotadora debería validar de nuevo las funciones de seguridad y la integridad estructural y funcional de ESC que puedan haberse afectado por el suceso. Entre las medidas correctivas necesarias deberían incluirse las actividades de mantenimiento, vigilancia e inspección en servicio, según corresponda [1].

4.8. Convendría aprovechar las paradas programadas para llevar a cabo labores de MV+I. En el caso de una parada no programada, debería considerarse la posibilidad de realizar actividades de MV+I. Las actividades de recarga de combustible deberían tenerse en cuenta en los calendarios pertinentes de MV+I. Debería disponerse en todo momento de calendarios adecuados de MV+I para las paradas programadas y no programadas.

4.9. El personal de explotación de la sala de control es directamente responsable de la explotación segura de la central, incluido el control permanente de la configuración. Dicho personal debería estar informado (por ejemplo, mediante un procedimiento de permisos de trabajo) de todas las labores de MV+I antes de que comiencen, de cualquier cambio en la central que ellas entrañen y de la restitución del control de los sistemas de la central al explotador. Mientras realice esas labores el personal de que se trate debería mantener una comunicación adecuada con el personal de explotación de la sala de control.

ESTRUCTURA ORGÁNICA

4.10. La organización de las actividades de MV+I varía considerablemente entre las distintas entidades explotadoras en función de lo siguiente:

- los conceptos y prácticas de la entidad explotadora en materia de explotación;
- el tipo de reactor;
- el modo de recarga de combustible, y
- la frecuencia de paradas periódicas.

4.11. La responsabilidad de elaborar y ejecutar un programa adecuado de MV+I recae fundamentalmente en la entidad explotadora. La entidad explotadora debería asignar las atribuciones y responsabilidades relativas a cada aspecto del programa de MV+I tanto al personal de su propia estructura orgánica como al de otras entidades, y debería especificar las líneas de comunicación. También debería poner a disposición de la dirección de la central los recursos humanos y el equipo necesarios para llevar a cabo los programas apropiados de manera satisfactoria. Asimismo, debería garantizar la oportuna ejecución de los trabajos, su documentación y notificación, y la evaluación de los resultados. Cualquier desviación de la frecuencia y el alcance establecidos de las actividades correspondientes debería justificarse, examinarse y comunicarse al órgano regulador, según proceda.

4.12. La dirección de la central debería crear en el emplazamiento un grupo encargado de aplicar el programa de MV+I. Ese grupo podría dividirse en secciones de mecánica, electricidad y control e instrumentación. La estructura orgánica concreta dependerá principalmente de la fuente o el conjunto de fuentes de donde proceda el personal empleado, esto es, el propio grupo, la entidad explotadora, organismos externos o contratistas. La estructura del grupo y su integración con recursos que no sean del emplazamiento dependerán en gran medida de factores como el tipo de central, el número de reactores en el emplazamiento, la disponibilidad de personal adecuado a nivel local, la modalidad de funcionamiento de los reactores y las normas que rijan la contratación de personal externo. En todos los casos, la dirección de la central debería asegurar que se disponga de suficiente personal debidamente cualificado para ejecutar el programa.

4.13. Existen algunos factores comunes que influyen en la elección de la estructura orgánica del grupo de MV+I. La estructura orgánica dependerá de si las labores de MV+I corren a cargo del grupo, un departamento central de la entidad explotadora, un organismo externo o un contratista, y de la medida en que intervienen en ellas. Esas fuentes de personal pueden utilizarse con buenos resultados cuando se combinan. No obstante, en todos los casos la dirección de la central será la principal responsable de la ejecución del programa de MV+I [1].

4.14. En las centrales diseñadas para la recarga en servicio, las actividades de recarga son sistemáticas y continuas, y suele realizarlas el personal de explotación. En función de la política de la entidad explotadora sobre el uso de recursos externos, la organización de las actividades de MV+I en ese tipo de centrales debería basarse en la idea de disponer de una cantidad suficiente de personal para hacer frente con eficacia a un flujo relativamente constante de trabajo de MV+I con una asistencia mínima de recursos externos.

4.15. En muchas centrales es frecuente que haya una importante carga de trabajo de MV+I durante las paradas de recarga u otras paradas que duran varias semanas o más. Como gran parte de las actividades de MV+I solo puede ejecutarse en ese período, es inevitable que se produzcan aumentos súbitos importantes de la demanda de recursos para llevarlas a cabo. Para poder responder con eficacia a esa demanda máxima, la organización de los trabajos de MV+I debería estar bien estructurada y dotada de personal suficiente, y la organización en el emplazamiento requerirá el suministro de un volumen importante de recursos externos complementarios.

4.16. La verificación independiente de que el programa de MV+I se ejecuta con arreglo a los requisitos de garantía de calidad debería correr a cargo de personal de la entidad explotadora que no intervenga directamente en esas actividades. En las guías de seguridad correspondientes que figuran en la referencia [2] se pueden obtener más orientaciones sobre las disposiciones relativas a la garantía de calidad.

PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE LA SEGURIDAD

4.17. Las actividades de MV+I deberían planificarse en el contexto de la gestión general de una central. Es habitual que el personal directivo de la entidad explotadora cree un equipo de planificación encargado de coordinar todas las actividades de MV+I.

4.18. Al planificar las actividades de MV+I, deberían tenerse en cuenta posibles fallos humanos en su realización. Debería hacerse especial hincapié en la importancia de establecer un procedimiento de trabajo óptimo, proporcionar medios auxiliares de trabajo adecuados y aplicar principios sólidos de diseño ergonómico, siempre que sea posible, a fin de reducir al mínimo la posibilidad de errores en todo momento.

4.19. Al planificar actividades de MV+I que impliquen la retirada de servicio de ESC importantes para la seguridad, convendría garantizar que se cumplan siempre los límites y condiciones operacionales y cualquier otro requisito normativo aplicable. Si se constata que las actividades de MV+I son incompatibles con los límites y condiciones operacionales establecidos, es preciso que, tras acogerse al procedimiento de modificación de la central, se aplique una suspensión temporal o una modificación permanente de esos límites y condiciones operacionales (véase también la referencia [3]).

4.20. Por regla general las actividades de MV+I deberían escalonarse cuando haya tramos redundantes o varios tramos de diseño similar, lo que hace posible analizar los datos de funcionamiento antes de proceder a las pruebas posteriores y realizar los ajustes pertinentes en estas últimas si se encuentra algún problema.

4.21. En la planificación a largo plazo deberían tenerse en cuenta factores importantes para la seguridad, como el envejecimiento de los componentes importantes para la seguridad, el historial de mantenimiento y la experiencia operacional.

4.22. Convendría hacer un seguimiento de todo el proceso de eliminación de los defectos de la central y llevar un registro del trabajo realizado, que debería estar accesible para cuando sea necesario examinarlo.

4.23. Los procedimientos y documentos relacionados con los trabajos deberían especificar las condiciones previas, proporcionar instrucciones claras de las labores que deban realizarse, y utilizarse para garantizar que los trabajos se lleven a cabo conforme a la estrategia, las políticas y los programas de la central. Los procedimientos y documentos relacionados con los trabajos deberían ser precisos desde un punto de vista técnico, estar debidamente validados, verificados y autorizados y ser objeto de un examen periódico. Al preparar las instrucciones de trabajo deberían tenerse en cuenta el factor humano y el principio ALARA (mantener las dosis de radiación en niveles “tan bajos como sea razonablemente posible”).

4.24. La ejecución de las labores de MV+I a menudo exige la modificación temporal de la configuración que requiere la central en condiciones normales de funcionamiento. En esos casos deberían evaluarse los riesgos asociados a una configuración concreta de la central, y especificarse las condiciones necesarias para una ejecución segura antes de llevar a cabo las actividades de MV+I. Las condiciones para la ejecución segura del programa de MV+I deberían formar parte de los límites y condiciones operacionales.

PROCEDIMIENTOS ADMINISTRATIVOS

4.25. A fin de ejecutar el programa de MV+I y lograr el objetivo de una explotación segura y fiable, la entidad explotadora debería asegurar que se establezcan mecanismos de control administrativos. Por lo general, esos mecanismos adoptan la forma de procedimientos administrativos, e incluyen todos los controles y requisitos administrativos necesarios para llevar a cabo las actividades en la central. En el programa de MV+I deberían definirse los métodos para determinar la necesidad de cualquier trabajo, para efectuar el trabajo que se considere necesario y para informar sobre él. Convendría definir procedimientos y mecanismos de control administrativos que guíen al personal a lo largo de todo el proceso.

4.26. Los factores que deben tenerse en cuenta al crear los controles y procedimientos administrativos aplicables al programa de MV+I deberían incluir, entre otras cosas, lo siguiente:

- la elaboración de procedimientos de trabajo adecuados por escrito;
- el uso de autorizaciones de órdenes de trabajo;
- el uso de permisos de trabajo en relación con el aislamiento de equipo;
- la protección radiológica del personal;
- el control de la configuración de la central;
- la calibración de instrumentos y equipo;
- los controles de seguridad industrial;
- los controles de riesgos de incendios;
- la evaluación general de riesgos;
- el uso de enclavamientos y llaves;
- la capacitación y cualificación del personal;
- el control de materiales, productos y piezas de repuesto;
- un plan y un programa de control de lubricación;
- el mantenimiento y la limpieza;
- la nomenclatura, la localización y el etiquetado del equipo;
- un programa de mantenimiento preventivo;
- la generación y recopilación de registros;
- la conservación de registros, y
- la planificación del trabajo durante las paradas.

4.27. Al elaborar esos mecanismos de control y procedimientos administrativos, convendría tener en cuenta las interfaces entre cada una de las actividades y otras actividades como el mantenimiento de otros sistemas o componentes, la explotación de la central y la protección radiológica. En particular, deberían abordarse explícitamente los aspectos siguientes:

- a) delimitación de responsabilidades entre las personas que realizan las labores de MV+I y las que se encargan directamente de la explotación de la central. Ello no debería considerarse un modo de reducir o delegar la responsabilidad principal de la seguridad, que recae en el personal encargado de la explotación (por ejemplo, los supervisores de turno);
- b) mecanismos que garanticen que el personal de explotación disponga en todo momento de información adecuada sobre el estado de la central durante las actividades de MV+I;
- c) establecimiento de un sistema de permisos de trabajo que permita controlar la expedición y la cancelación de la documentación pertinente, como autorizaciones de trabajos, permisos de trabajo para el aislamiento del equipo, autorizaciones de ensayos en vivo y restricciones de acceso. Ello supone designar a las personas autorizadas en cada turno para expedir esos permisos al personal encargado de realizar los trabajos de MV+I;

- d) señalización expresa e inequívoca del equipo que no esté disponible para entrar en funcionamiento. Para estos fines se incluye el rotulado, cuando proceda, y cualquier medida que deba adoptarse para evitar el restablecimiento fortuito del servicio. El rotulado no debe ocultar ningún dispositivo indicador o impedir su clara visualización, y
- e) mecanismos que garanticen que, una vez ejecutadas las actividades de MV+I, se inspeccionen las ESC para comprobar su estado de funcionamiento previsto y, si es necesario, que el personal autorizado las someta a las pruebas correspondientes antes de declarar oficialmente que funcionan bien y de ponerlas nuevamente en pleno servicio.

Además, convendría implantar un mecanismo que posibilite a los usuarios comunicar sus observaciones para mejorar los procedimientos.

4.28. Los cambios temporales de los procedimientos deberían controlarse debidamente y someterse a su correspondiente examen y aprobación. Esos cambios temporales deberían incorporarse con la mayor prontitud en las revisiones permanentes, cuando proceda, a fin de limitar el número de procedimientos temporales y su duración. En la referencia [4] se formulan otras orientaciones sobre la gestión de cambios temporales.

GARANTÍA DE CALIDAD

4.29. La entidad explotadora debería asegurar que se lleve a cabo un programa adecuado de garantía de calidad en todas las etapas de preparación y ejecución de las actividades de MV+I. La garantía de calidad tiene un ámbito de aplicación amplio en el contexto de la presente guía de seguridad y debería aplicarse para garantizar el cumplimiento de los principios y criterios de seguridad. El programa de garantía de calidad de MV+I debería comprender la correcta especificación, evaluación y, en su caso, aprobación de los cambios introducidos en los métodos y la tecnología, así como el uso de materiales y piezas de repuesto certificados, lo que incluye su registro y trazabilidad. En la referencia [2], en particular en la guía de seguridad Q2 titulada *Non-conformance Control and Corrective Actions*, la guía de seguridad Q4 titulada *Inspection and Testing* y la guía de seguridad Q13 titulada *Quality Assurance in Operation*, se ofrecen más indicaciones sobre la garantía de calidad en las actividades de MV+I.

CAPACITACIÓN Y CUALIFICACIÓN DEL PERSONAL

4.30. Todo el personal pertinente debería ser consciente de la importancia para la seguridad de las labores de MV+I y de las posibles consecuencias para la seguridad de los errores técnicos, de procedimiento o humanos. Convendría examinar la experiencia relacionada con fallos latentes y situaciones de peligro provocados por errores en los procedimientos y prácticas de MV+I en la central nuclear de que se trate o en otras centrales, así como en otros sectores potencialmente peligrosos, e incorporarla en los programas de capacitación del personal cuando corresponda.

4.31. La capacitación y cualificación del personal debería integrarse en la central en el marco de un programa apropiado. La capacitación y cualificación deberían basarse en un proceso aprobado y documentado del que pueda hacerse un seguimiento. Esas recomendaciones se aplican al personal permanente de la central y a los empleados temporales (como el personal del contratista y el personal de la entidad explotadora que trabaje fuera del emplazamiento).

4.32. La entidad explotadora debería asegurar que la competencia del personal externo que participa en las actividades de MV+I en la central nuclear se ajuste a las funciones que se vayan a desempeñar mediante la concertación de los arreglos pertinentes con los contratistas y otras entidades participantes, según corresponda. Debería hacerse hincapié en la calidad y la seguridad de las condiciones de trabajo del personal del contratista, que debería conocer las normas exigidas.

4.33. La capacitación del personal de MV+I debería tener en cuenta concretamente los aspectos relacionados a continuación.

- a) La vigilancia y la inspección en servicio deberían llevarse a cabo de conformidad con las instrucciones establecidas, que deberían ser suficientemente detalladas para que pueda normalizarse el programa de capacitación. No obstante, el mantenimiento de los elementos defectuosos o que necesiten algún ajuste será menos predecible y, por tanto, la capacitación dirigida al mantenimiento puede complementarse con capacitación especial para tareas específicas.
- b) En ocasiones podría ser necesario llevar a cabo actividades de MV+I con la central o los sistemas de la central fuera de servicio o con el reactor parado, y el personal encargado podría recibir presiones para restablecer el estado normal de funcionamiento de la central o los sistemas de la central. Por consiguiente, en los programas de capacitación debería hacerse hincapié en la cultura de la seguridad, por ejemplo, otorgando la máxima importancia

a la notificación, la investigación y, en consecuencia, la corrección de cualquier indicio de fallo o hallazgo inesperado.

- c) Las labores de MV+I, y especialmente el mantenimiento durante la parada, suelen consistir en distintas actividades cuyos efectos interactúan entre sí, y en las que, con frecuencia, participan diversas entidades, como los contratistas, el órgano regulador y la entidad explotadora. Por lo tanto, el programa de capacitación debería destacar la importancia de mantener una coordinación adecuada entre el personal participante y entre las propias actividades de MV+I. Los programas de capacitación impartidos por el personal de los contratistas o para él deberían estar bien coordinados con los programas dirigidos al personal de la entidad explotadora.

4.34. Todo el personal que participe en las labores de MV+I debería recibir capacitación en relación con el principio ALARA, así como en materia de minimización de desechos, protección radiológica, normas de seguridad, control del acceso y procedimientos de emergencia, según las funciones que desempeñen, y debería contar con la debida cualificación en esos ámbitos, antes de que se le autorice a trabajar en las zonas controladas.

4.35. Para las tareas especiales, según sean el carácter del trabajo que vaya a realizarse, su importancia para la seguridad de la central, los posibles riesgos que entrañe y las precauciones de seguridad que, en consecuencia, se deban tomar, el personal de mantenimiento debería recibir una sesión informativa especial además de la capacitación antes mencionada. El personal correspondiente también debería estar debidamente capacitado y cualificado para cumplir los requisitos de garantía de calidad aplicables a sus funciones.

4.36. Puede impartirse capacitación especial a determinados supervisores y trabajadores manuales, en el lugar de trabajo de los fabricantes y en el emplazamiento, durante la construcción, la fabricación, el montaje y las pruebas de determinados elementos importantes para la seguridad. Deberían adoptarse disposiciones para que el personal de mantenimiento participe en las actividades de mantenimiento, inspección y prueba en las fases de construcción y puesta en servicio.

4.37. Los trabajadores manuales contratados deberían recibir capacitación y demostrar desde el principio un nivel satisfactorio de destreza en su oficio. Determinados oficios, como la soldadura, requieren una renovación periódica de la cualificación y la autorización del trabajador que demuestre que sigue teniendo los conocimientos necesarios. A esos efectos quizás sea necesario celebrar cursos de perfeccionamiento y actualización de competencias. Los trabajadores

manuales también deberían recibir una capacitación adecuada a sus funciones que les permita conocer los sistemas y el equipo de la central. Debería existir un sistema que garantice que, antes de comenzar a trabajar, los trabajadores manuales utilicen o actualicen sus conocimientos en materia de seguridad con objeto de reducir al mínimo los posibles riesgos para la central y el personal. Ello no solo propiciará un uso más eficaz de los recursos humanos, sino que también podrá ayudar a reducir al mínimo las variaciones entre las dosis de radiación que reciben diferentes personas.

4.38. En la referencia [5] puede encontrarse más información sobre la capacitación del personal de las centrales nucleares¹.

5. EJECUCIÓN DEL PROGRAMA DE MV+I

PROCEDIMIENTOS

5.1. La entidad explotadora debería elaborar procedimientos para todas las tareas de MV+I. Esos procedimientos se deberían preparar, examinar, validar, publicar y modificar de conformidad con los procedimientos administrativos establecidos.

5.2. La entidad explotadora debería instar a la dirección de la central a que prepare procedimientos que proporcionen instrucciones detalladas y los mecanismos de control necesarios para llevar a cabo las labores de MV+I. La dirección de la central debería delegar la responsabilidad de preparar esos procedimientos en el grupo de MV+I. Normalmente los procedimientos deberían prepararse en colaboración con los diseñadores, los proveedores de la central y el equipo, y el personal encargado de las actividades de garantía de calidad, protección radiológica y apoyo técnico. En el caso de que sean personas ajenas a la organización de la central quienes preparen los procedimientos para las actividades sistemáticas, esos procedimientos deberían presentarse al director de mantenimiento para su aprobación. La dirección de la central debería asegurar que se apliquen correctamente los procedimientos y que se incluyan disposiciones especiales cuando se prevean peligros concretos.

¹ Esta publicación será sustituida por una guía de seguridad de la *Colección de Normas de Seguridad* titulada *Recruitment, Qualification and Training of Personnel for Nuclear Power Plants* (en preparación).

5.3. Convendría especificar claramente en los procedimientos los criterios de aceptación y las medidas que se han de adoptar en caso de que no puedan cumplirse esos criterios.

5.4. Las labores de mantenimiento que puedan afectar al funcionamiento de elementos importantes para la seguridad o puedan poner en peligro la salud y la seguridad del personal deberían programarse de antemano y llevarse a cabo de conformidad con procedimientos escritos debidamente aprobados o con diagramas adecuados a las circunstancias. Con todo, ningún procedimiento de mantenimiento debería requerir que se soslayen o retiren del servicio sistemas o componentes si ello pudiera dar lugar a la suspensión de una o más funciones de seguridad (véase la referencia [6]).

5.5. Las actividades sistemáticas que requieran los conocimientos especializados que suele tener el personal cualificado podrían no requerir instrucciones detalladas por etapas para su ejecución, si bien deberían estar sujetas a control por medio de procedimientos administrativos generales.

5.6. Si se presentan circunstancias excepcionales que requieran acometer o ejecutar una tarea concreta sin ajustarse a los procedimientos autorizados, dicha tarea debería llevarse a cabo únicamente bajo la dirección de una persona autorizada. Una vez que esta se ejecute, debería efectuarse una evaluación lo antes posible, siempre antes de que se restablezca el funcionamiento normal del equipo.

5.7. En la preparación de los procedimientos, sobre todo en la definición de su contenido técnico, deberían utilizarse documentos de referencia. Esos documentos deben ser, por ejemplo, planos, códigos, normas, manuales de instrucciones y guías apropiados, que suministrarán la entidad encargada del diseño, la entidad responsable de la construcción, los proveedores del equipo y la entidad explotadora.

5.8. La información incluida en el procedimiento debe presentarse por etapas siguiendo un orden lógico. Todas las referencias e interfaces con otros procedimientos aplicables deberían examinarse y verificarse cuidadosamente, con suficiente grado de detalle para que la persona que lleve a cabo el trabajo pueda seguir el procedimiento sin necesidad de mayor orientación o supervisión.

5.9. El contenido y el formato de un procedimiento típico deberían estar en conformidad con las disposiciones de garantía de calidad establecidas. Así pues, el contenido debería comprender lo siguiente.

- a) Especificación del procedimiento: números, letras o una combinación de ambos que identifiquen cada procedimiento dentro de una serie. Esa identificación única debería utilizarse para definir el procedimiento en todos los programas, planes y registros posteriores en los que se haga referencia a él.
- b) Denominación: descripción sucinta del asunto a que se refiere el procedimiento.
- c) Propósito: breve descripción del propósito y alcance de la actividad que se controla mediante el procedimiento.
- d) Requisitos previos: todas las condiciones especiales de la central o el sistema, o el estado del equipo que sean necesarias para comenzar los trabajos contemplados en el procedimiento. También convendría indicar cualquier capacitación especial o práctica de simulación necesarias.
- e) Condiciones limitativas: cualquier condición, como la reducción de la carga o la utilización de equipo de reserva o sistemas de seguridad, que se derive de ejecución de los trabajos y que limite las operaciones de la central. Por ejemplo, cuando se lleven a cabo labores de reparación, vigilancia o pruebas en un sistema, debería determinarse que este no está operativo a efectos de seguridad, salvo que se demuestre que puede cumplir sus funciones de seguridad en condiciones aceptables.
- f) Precauciones especiales: todo procedimiento especial de seguridad, por ejemplo medidas especiales de protección radiológica, sujeción o retirada de elementos sueltos y cualquier control necesario de los materiales (por ejemplo, de lubricantes o productos químicos incompatibles) y de las condiciones del entorno.
- g) Instrumentos y equipo especiales: una lista de todos los instrumentos, aparejos y equipo especiales necesarios para efectuar los trabajos.
- h) Referencias: una lista de las secciones aplicables de los documentos de referencia que puede ser necesario consultar, como los documentos que contienen datos de referencia, gráficos de pruebas y calibración, planos, impresiones, manuales de instrucciones, guías, códigos y normas aplicables, fotografías y descripciones de maquetas.
- i) Texto con instrucciones: una lista con los pormenores de los trabajos por etapas en la que se indique cualquier cambio en las condiciones radiológicas o de otro tipo a medida que avanza el trabajo. En determinadas etapas, puede pedirse a los trabajadores que firmen con su nombre o sus iniciales para indicar que han realizado satisfactoriamente los trabajos correspondientes a la etapa o las etapas precedentes, bien sea en el texto del procedimiento o en una lista de comprobación adjunta.
- j) Puntos de observación presencial de la inspección: determinados puntos de la secuencia de trabajos en que una persona competente debe realizar una

inspección para fines de control de calidad o de otro tipo, conforme a lo exigido por el órgano regulador. Los trabajos no podrán proseguir hasta que no se haya realizado y documentado la inspección.

- k) Restablecimiento del servicio: actuaciones y comprobaciones necesarias para restablecer las condiciones de funcionamiento del equipo o sistema una vez que la persona responsable haya certificado que se ha finalizado la tarea. Cuando proceda, deberían especificarse criterios de control y aceptación independientes. Esos criterios deberían incluir el correcto restablecimiento del servicio y la debida observancia de los procedimientos, así como la confirmación de la operatividad del sistema (por ejemplo, la confirmación de la alineación de las válvulas).
- l) Pruebas de funcionamiento: cualquier prueba de funcionamiento posterior a un trabajo que sea necesaria para corroborar que el equipo funciona con arreglo a lo previsto.

Los puntos k) y l) son funciones de explotación y pueden incluirse en el procedimiento de MV+I o en un procedimiento operativo especial de interconexión.

5.10. Los procedimientos deberían exigir que la instrumentación y las alarmas asociadas al sistema objeto de prueba o calibración, tras ser comprobadas, se dejen en estado de funcionamiento en la medida de lo posible.

5.11. Asimismo, los procedimientos deberían establecer claramente las condiciones de funcionamiento necesarias durante las actividades de MV+I. Esas condiciones deberían garantizar que las actividades no desemboquen en la vulneración de los límites y condiciones operacionales ni en la interrupción, aunque sea temporal, de una o varias funciones de seguridad completas (véase también la referencia [3]). Si se dejara fuera de servicio un componente de un sistema de protección, por ejemplo para fines de vigilancia, convendría mantener el circuito de seguridad correspondiente en la configuración más favorable para la seguridad.

5.12. Dado que algunas actividades requieren la retirada de servicio de sistemas o componentes importantes para la seguridad, los procedimientos de MV+I deberían incluir requisitos previos para la retirada e instrucciones específicas para el restablecimiento completo y adecuado del servicio de esos sistemas y componentes con el fin de garantizar que no se infrinjan los límites y condiciones para el funcionamiento normal. Los efectos relacionados con la seguridad de esas actividades deberían evaluarse según se indica en el párrafo 4.24. El lapso de tiempo en que los sistemas o componentes importantes para la seguridad

se retiran del servicio debería reducirse al mínimo y, cuando menos, debería ajustarse a los límites y condiciones establecidos. Esto debería fundamentarse en la consideración de los riesgos. Si por cualquier motivo se interrumpiese la prueba, debería restaurarse de inmediato el estado de servicio normal de esos sistemas o componentes.

5.13. Los procedimientos de monitorización de los parámetros de la central o del estado del sistema pueden establecer el uso de listas de comprobación, la cumplimentación de cuadros prediseñados o el trazado de planos. Todo ello debería conservarse como parte de la documentación de los trabajos realizados.

CONTROL DE LOS TRABAJOS

5.14. Debería implantarse un sistema integral de planificación y control de los trabajos que aplique el principio de defensa en profundidad, de manera que las actividades de trabajo puedan autorizarse, programarse y llevarse a cabo adecuada y puntualmente por el personal de la central, o por los contratistas, con arreglo a procedimientos apropiados. El sistema de planificación del trabajo debe garantizar que siga siendo alta la disponibilidad y fiabilidad de las ESC importantes para la central.

5.15. El sistema de control integral de los trabajos debería comprender todas las autorizaciones, permisos y certificados que contribuyan a garantizar la seguridad en la zona de trabajo y a impedir que las labores de mantenimiento afecten a otras zonas importantes para la seguridad. En el sistema de control de los trabajos deberían tenerse en cuenta las cuestiones siguientes:

- autorizaciones de órdenes de trabajo;
- aislamiento del equipo, permisos de trabajo y rotulado;
- permisos de trabajo con radiación;
- precauciones de seguridad industrial;
- instalaciones de drenaje y ventilación;
- control de peligros de incendio;
- dispositivos de aislamiento eléctrico y mecánico, y
- control de las modificaciones de la central.

5.16. Las autorizaciones, los permisos y los certificados a que se refiere el párrafo 5.15 deberían:

- definir el elemento de la central, el tipo de trabajo que debe realizarse y los límites de la zona de trabajo en la que se autorizan las actividades del personal de la central o del contratista;
- confirmar que el elemento de la central es apto para funcionar con seguridad o que se ajusta a las condiciones establecidas en los requisitos de los procedimientos escritos que se aplican al trabajo autorizado (en esas condiciones deberían especificarse las precauciones que se deben tomar);
- confirmar las condiciones radiológicas de la zona de trabajo, señalar posibles peligros y especificar las precauciones que deban tomarse para que el trabajo autorizado pueda llevarse a cabo de forma segura;
- definir cualquier permiso que deba obtenerse antes de acometer los trabajos, y
- confirmar que todo el personal que haya intervenido ha salido de la zona de trabajo una vez concluido el trabajo autorizado y que el elemento de la central puede volver a ponerse en servicio o que permanecerá en un estado conocido.

5.17. El sistema de control de los trabajos debería utilizarse para asegurar que el equipo de la central se retire del servicio con fines de mantenimiento, prueba, vigilancia o inspección únicamente con la autorización previa del personal de explotación designado y de conformidad con los límites y condiciones operacionales. También debería asegurar que, tras las labores de mantenimiento, prueba, vigilancia e inspección en servicio, la central solo vuelva a entrar en servicio después de que se haya realizado una comprobación documentada de su configuración y, en su caso, una prueba de funcionamiento.

5.18. La gestión de los trabajos debería considerarse un proceso intersectorial, ya que no es exclusivo de un grupo de trabajo, sino que integra las actividades importantes de todos los grupos de trabajo. Por consiguiente, para que el proceso de control del trabajo sea verdaderamente eficaz, deberían tenerse en cuenta y considerarse todas las necesidades y preocupaciones relacionadas con la explotación, el mantenimiento, el apoyo técnico, la protección radiológica, las compras y existencias, los contratistas y otras cuestiones, siempre que sea apropiado y esté en consonancia con la estrategia de explotación a largo plazo de la central.

5.19. La eficacia del proceso de control del trabajo debería supervisarse con indicadores adecuados (como órdenes de trabajo reiteradas, dosis de radiación

individuales y colectivas, acumulación de órdenes de trabajo pendientes, interferencia en las operaciones de explotación) y comprobando si se adoptan medidas correctivas cuando es necesario.

GESTIÓN DE INTERRUPCIONES DEL SERVICIO

5.20. El procedimiento administrativo de gestión de las interrupciones del servicio debería garantizar la ejecución y el control eficaces de todas las actividades realizadas durante las paradas programadas y forzadas.

5.21. La planificación de la interrupción del servicio debería ser un proceso continuo en que se tengan en cuenta las paradas anteriores, las paradas programadas previstas y las paradas futuras. Deberían establecerse y utilizarse hitos para hacer un seguimiento de los trabajos antes de la interrupción del servicio. La planificación debería realizarse con la mayor antelación posible, ya que las circunstancias podrían hacer necesario interrumpir el servicio antes de lo previsto.

5.22. Deberían establecerse y comprenderse claramente las tareas y cometidos de las distintas personas y dependencias orgánicas. Ello es especialmente importante durante las interrupciones del servicio, cuando puede verse modificada temporalmente la estructura orgánica. La seguridad nuclear debería recibir una atención especial durante las paradas.

COORDINACIÓN E INTERFACES

5.23. Dada la complejidad de una central nuclear, las actividades de las diferentes dependencias de gestión de la central se interrelacionan unas con otras de manera importante para la seguridad. Además, la asignación dentro y fuera del emplazamiento de los recursos necesarios para aplicar con eficacia el programa de MV+I es una cuestión importante habida cuenta de los numerosos componentes especiales que deben someterse a mantenimiento. Por consiguiente, las actividades de MV+I deberían planificarse en el contexto de la gestión general de la central, y el personal de MV+I debería trabajar en estrecha consulta con el resto del personal de gestión de la central. Es habitual que la dirección de la central cree una unidad de planificación encargada de coordinar todas las actividades. El personal de MV+I debería programar su propio trabajo en consonancia con el plan general. Convendría garantizar la disponibilidad en todo

momento de personal de mantenimiento adecuado para las labores urgentes de mantenimiento correctivo que sean necesarias.

5.24. Debería establecerse una coordinación eficaz:

- a) entre los distintos grupos de mantenimiento (mecánico, eléctrico, de instrumentación y control, y de ingeniería civil);
- b) entre los grupos de explotación, protección radiológica y MV+I, y
- c) entre los departamentos de la central y los contratistas.

5.25. El grupo de MV+I debería garantizar la ejecución y el control eficaces y efectivos de las actividades. La organización y la dotación de personal de los departamentos correspondientes, así como las responsabilidades de los diferentes grupos de personal, deberían definirse y comunicarse de manera que las entiendan todos los interesados.

5.26. Las interfaces importantes para las labores de MV+I deberían tenerse en cuenta en el programa de garantía de calidad. La entidad explotadora y otras entidades que trabajen en la central nuclear o que presten servicios específicos a la central deberían concertar los arreglos pertinentes. En el anexo II de la guía de seguridad Q1, que figura en la referencia [2], se formulan orientaciones complementarias sobre las interfaces.

RESTABLECIMIENTO DEL ESTADO OPERACIONAL

5.27. El restablecimiento del estado operacional constituye la etapa final de cualquier actividad de MV+I o de cualquier otra actuación que entrañe una desviación temporal del estado operacional normal de una central nuclear. Para restablecer ese estado deberían aplicarse los procedimientos operacionales apropiados.

5.28. Antes de restablecer el estado operacional, es importante asegurar que:

- se hayan llevado a cabo las pruebas posteriores al mantenimiento apropiadas (véase también el párrafo 8.55);
- se haya verificado la configuración de los sistemas afectados;
- se hayan examinado todos los registros correspondientes para determinar su integridad y exactitud, y

- se haya hecho todo lo posible para tener en cuenta todos los aspectos al llevar a cabo las labores de MV+I, y se haya examinado cualquier resultado imprevisto.

5.29. Debería especificarse claramente a todo el personal que corresponda cualquier precaución o restricción necesaria en el funcionamiento cuando se recurra a configuraciones o condiciones temporales, y, de ser necesario, convendría impartir capacitación al respecto.

5.30. Toda actividad de MV+I debería incluir una verificación para determinar si se han retirado o cancelado todas las conexiones, procedimientos y medidas temporales necesarias para su ejecución y si se ha restablecido plenamente el estado operacional de la central.

5.31. Debería restablecerse el estado normal de todas las ESC que tengan relación con la seguridad y cuyo estado de funcionamiento haya sido alterado. Antes de que el sistema vuelva a entrar en funcionamiento, el personal autorizado debería verificar su configuración con arreglo a los procedimientos establecidos. Para obtener más información sobre la gestión de las configuraciones temporales, puede consultarse la referencia [4].

5.32. Convendría elaborar y documentar un informe breve, si bien exhaustivo, de las reparaciones realizadas. En ese informe debería especificarse expresamente la causa del fallo, las medidas reparadoras adoptadas, el componente que haya fallado y su modo de fallo, el tiempo total de reparación y, si es diferente, el tiempo que haya durado la interrupción del servicio y, por último, el estado del sistema tras la reparación. Aunque se compruebe que un sistema se mantiene dentro de sus límites de calibración, ese hecho debería registrarse, junto con los detalles de cualquier sustitución o ajuste realizados a discreción del personal de mantenimiento.

EXAMEN Y AUDITORÍA DEL PROGRAMA

5.33. La entidad explotadora debería establecer un programa para examinar las actividades de MV+I. También debería designar a las personas encargadas de ese programa.

5.34. Ese examen puede ayudar a los directores y supervisores directos a detectar y corregir las deficiencias del programa. Convendría realizar una evaluación periódica de cada uno de los elementos del programa, que debería incluir

aportaciones de todas las partes competentes de la entidad, como el personal de MV+I, explotación y apoyo técnico. La evaluación debería analizar la eficacia general de los elementos del programa e indicar los aspectos que requieren mejoras para adoptar medidas correctivas y hacer un seguimiento.

5.35. Debería considerarse la posibilidad de que distintos jefes de departamentos de la dirección de la central participen en el examen a fin de garantizar su imparcialidad. Se podrían adquirir otros conocimientos especializados del personal externo.

5.36. El programa de examen debería analizar el programa de MV+I en relación con los aspectos siguientes:

- idoneidad del calendario y su aplicación;
- respuesta del programa de MV+I a los requisitos;
- adecuado control de la exposición a la radiación;
- disponibilidad y el uso eficaz de los recursos;
- niveles de capacitación, experiencia y competencia;
- cumplimiento de los requisitos de garantía de calidad;
- idoneidad de los procedimientos e instrucciones;
- eficacia de la función de examen en el programa;
- fallos del equipo y sus repercusiones en el funcionamiento de la central;
- realización de tareas correctivas repetitivas en un mismo equipo o en un equipo similar;
- número y tipos de intervenciones aplazadas y no ejecutadas;
- recursos humanos necesarios y consumo de piezas de repuesto;
- idoneidad de los instrumentos, el equipo y las instalaciones;
- accesibilidad del equipo de la central o problemas relacionados con su disposición física, y
- errores humanos y sus repercusiones en el funcionamiento de la central.

5.37. Los resultados del programa de examen deberían comunicarse periódicamente al grupo responsable del programa de MV+I, a la dirección de la central y a determinados miembros de la entidad explotadora, y deberían adoptarse medidas para mantener o potenciar la seguridad y el rendimiento de la central, cuando proceda. Los resultados de esa evaluación deberían utilizarse para hacer correcciones en el programa, por ejemplo:

- ajustes en la frecuencia de las actuaciones pertinentes;
- adición o supresión de actuaciones;
- propuestas de cambios del diseño;

- ajustes en los niveles de existencias de materiales y piezas de repuesto;
- ajustes en la disponibilidad de recursos humanos o capacitación, o
- modificaciones de los instrumentos, equipo e instalaciones, o mejoras en el equipo de la central en función de su idoneidad para las labores de MV+I (véanse las recomendaciones sobre el control de esas modificaciones en la referencia [4]).

5.38. La entidad explotadora debería implantar un programa de auditoría de las actividades de MV+I. Esas auditorías deberían encargarse a miembros del personal cualificados en la materia y con experiencia, pero sin responsabilidad directa en el ámbito objeto de examen. Las auditorías deberían determinar si las actividades se están llevando a cabo en cumplimiento de los requisitos reglamentarios y con arreglo a las políticas y el programa de garantía de calidad de la entidad explotadora. En la guía de seguridad Q5, referencia [2], se formulan más orientaciones sobre las cuestiones relativas a las auditorías.

6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS E INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN SOBRE LA EXPERIENCIA ADQUIRIDA

REGISTROS E INFORMES

6.1. Deberían adoptarse mecanismos adecuados para la recopilación sistemática de registros y la elaboración de informes sobre las actividades de MV+I. Los registros y los informes son necesarios para obtener datos empíricos objetivos que confirmen que el programa de MV+I se está ejecutando íntegramente y de conformidad con el programa de garantía de calidad. Además, los registros como las hojas de historial del equipo y los resultados de las labores de MV+I son elementos necesarios para llevar a cabo un examen permanente de la eficacia de esas actividades, de lo que debería encargarse el grupo de MV+I. Otro uso importante que se da a esos registros es el de generar datos para efectuar estudios de fiabilidad y gestionar la vida útil de la central.

6.2. Los procedimientos de MV+I deberían estar encaminados a facilitar la creación de registros, que en general deberían indicar el personal de MV+I y el personal de explotación encargado de los trabajos, e incluir la certificación de los supervisores o los inspectores, según corresponda.

6.3. Debería exigirse al grupo de MV+I mediante un procedimiento administrativo que seleccione los registros que proporcionen un historial importante de la central y que los conserve a lo largo de la vida útil de la instalación. Existen otros registros que únicamente tienen un valor transitorio (como los registros de componentes concretos que se han reemplazado), que deberían conservarse hasta que dejen de ser de utilidad para el fin con que se crearon o hasta que sean sustituidos por registros posteriores. Un factor importante que convendría tener en cuenta al seleccionar los registros que han de conservarse es su utilidad para recopilar datos fiables. En la referencia [2] y, en particular, en la guía de seguridad Q3 titulada *Document Control and Records*, puede obtenerse más información sobre la conservación de los registros necesarios para fines de garantía de calidad.

6.4. En los párrafos 9.45, 9.46 y 10.45 a 10.47 figura más información sobre los tipos específicos de registros y documentación que revisten interés para las actividades de vigilancia e inspección en servicio.

EVALUACIÓN DE RESULTADOS Y MEDIDAS CORRECTIVAS

6.5. La entidad explotadora debería asegurar que los resultados de las actividades de MV+I se evalúen a los efectos de confirmar que cumplen con los criterios de aceptación.

6.6. Los criterios de aceptación aplicables al programa de MV+I pueden basarse en las normas específicas de fabricación y deberían establecerse antes del inicio del programa y presentarse al órgano regulador para su examen cuando se requiera. Cualquier norma nueva o revisada que se elabore o implante debería acordarse con el órgano regulador.

6.7. Una vez realizada una actividad de MV+I, sus resultados deberían examinarse por una persona competente que no sea la que haya llevado a cabo esa actividad. El examen debería determinar si la actividad fue adecuada y si se realizó correctamente, y proporcionar garantías de que todos los resultados cumplen los criterios de aceptación. Si se encuentra que los resultados no cumplen los criterios de aceptación, deberían adoptarse las medidas correctivas apropiadas. Véanse las indicaciones sobre control de disconformidades y medidas correctivas que figuran en la guía de seguridad Q2 titulada *Non-conformance Control and Corrective Actions*, mencionada en la referencia [2].

6.8. Cuando los resultados de las actividades de MV+I relacionadas con un elemento de la central que esté fuera de servicio no se ajusten a los criterios de aceptación, ese elemento de la central, salvo que se repare, sustituya o modifique, debería permanecer fuera de servicio hasta que se hayan examinado los aspectos de seguridad. Si al examinar los aspectos de seguridad de ese elemento de la central relacionado con la seguridad se pone de manifiesto que su fiabilidad y eficacia se han visto afectadas, y si se confirma que se tomó la decisión de no repararlo, sustituirlo o modificarlo, la desviación de los criterios de aceptación debería justificarse como una modificación del informe de análisis de la seguridad, de conformidad con los procedimientos establecidos. Cualquiera de esos elementos de la central debería permanecer fuera de servicio hasta que se haya justificado la desviación y se haya obtenido la aprobación del órgano regulador, si fuera necesario. Si los resultados de las labores de MV+I o del examen indican que otras ESC de la central pueden tener defectos similares, esas ESC deberían inspeccionarse lo antes posible.

6.9. El programa de MV+I debería prever la adopción de medidas adecuadas en respuesta a las supuestas desviaciones de los criterios de aceptación, basándose principalmente en la información sobre el diseño y el análisis del diseño. Por regla general, cuando se detecte una desviación deberían adoptarse, entre otras medidas, las siguientes, según corresponda:

- a) Las medidas adoptadas por el personal de explotación de la central, en caso necesario, para compensar la desviación y mantener la central dentro de límites y condiciones de funcionamiento normal. En el caso de los sistemas multicanal, ello podría suponer la necesidad de poner el componente o canal que falla en un estado a prueba de fallos hasta que se hayan efectuado las reparaciones y pruebas.
- b) La notificación del personal directivo del nivel correspondiente de la entidad explotadora.
- c) El mantenimiento correctivo o la modificación que deba realizar el personal de la central con la colaboración de especialistas si fuera necesario.
- d) La evaluación de las posibles consecuencias para la seguridad de la desviación con respecto al funcionamiento futuro, el mantenimiento correctivo y el programa de vigilancia.
- e) La celebración de consultas, en caso necesario, con el personal y los especialistas encargados del diseño.
- f) La evaluación de las consecuencias de la desviación en relación con el diseño del sistema o componente, la elaboración de modelos informáticos del sistema, la capacitación de los operadores, los procedimientos de la central, las medidas de emergencia y los requisitos reglamentarios.

- g) Las modificaciones de los documentos, procedimientos, planos y diagramas apropiados.
- h) La notificación del organismo regulador, si procede.

6.10. Además, deberían examinarse los resultados, cuando corresponda, a fin de detectar tendencias que puedan indicar el deterioro del equipo.

INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN SOBRE LA EXPERIENCIA ADQUIRIDA

6.11. Los datos relativos a la experiencia relacionada con las actividades de MV+I deberían recopilarse y analizarse para aumentar la seguridad de la central y la fiabilidad de las ESC durante su vida en servicio. Los historiales de las actividades de MV+I anteriores deberían utilizarse para apoyar las actividades de interés, mejorar los programas, optimizar el rendimiento y potenciar la fiabilidad del equipo. Deberían llevarse registros históricos adecuados de los sistemas importantes para la seguridad y la fiabilidad de la central. Deberían adoptarse mecanismos adecuados para la recopilación y el análisis sistemáticos de registros y para la elaboración de informes sobre las actividades de MV+I. Los registros históricos deberían ser fácilmente recuperables con fines de referencia o análisis. La utilización de sistemas informatizados para el mantenimiento de registros históricos facilitaría ese proceso.

6.12. Los registros históricos de las actividades de MV+I deberían examinarse y analizarse periódicamente con objeto de detectar tendencias negativas en el funcionamiento del equipo o problemas persistentes, evaluar las consecuencias en la fiabilidad del sistema y definir las causas básicas. La información así obtenida debería utilizarse para mejorar los programas de MV+I, y debería tenerse en cuenta en el programa de gestión del envejecimiento.

6.13. Los mecanismos de intercambio de información sobre la experiencia derivada de las actividades de MV+I deberían desempeñar, entre otras funciones, las siguientes:

- a) recopilar, evaluar, clasificar y registrar datos pormenorizados sobre sucesos o resultados anómalos a fin de detectar elementos precursores, mecanismos de fallo de modo común y deficiencias del equipo o el personal;
- b) comunicar a los grupos de diseño la experiencia adquirida en las actividades desarrolladas para que en el futuro puedan mejorar las características de la

- central que tengan relación con el MV+I, por ejemplo, la facilidad de acceso, la facilidad de desmontaje y montaje, y la aplicación del principio ALARA;
- c) aprovechar esa experiencia en la capacitación del personal;
 - d) validar los datos de fiabilidad recogidos para utilizarlos en evaluaciones probabilistas y en las especificaciones técnicas de nuevos componentes, y
 - e) garantizar la recuperabilidad de los datos y la adecuada transferencia de la información de interés a las personas o entidades correspondientes.

6.14. Además del intercambio interno de información sobre la experiencia adquirida, las enseñanzas extraídas en otras centrales deberían considerarse una importante contribución para seguir mejorando los programas de MV+I. Esa información es especialmente importante para los países que tienen pocas unidades en funcionamiento, así como en relación con determinados tipos de reactores que se utilizan en varios países. Los vínculos entre los sistemas nacionales e internacionales de intercambio de información sobre la experiencia adquirida en materia de seguridad operacional permiten ampliar la base de información sobre los métodos y prácticas de MV+I, las enseñanzas extraídas conexas y las medidas correctivas adoptadas en las centrales o a escala nacional.

7. ÁMBITOS EN LOS QUE SE APLICAN CONSIDERACIONES ESPECIALES

ESTRUCTURAS, SISTEMAS Y COMPONENTES PARA ESTADOS OPERACIONALES ANÓMALOS

7.1. Las estructuras, sistemas y componentes importantes para la seguridad que se instalan como elementos redundantes o a los que se recurre cuando las condiciones normales de funcionamiento se ven amenazadas o se pierden, suelen mantenerse en estado de inactividad o desconexión. Entre esas ESC se encuentran las vasijas de contención de los reactores, las fuentes de energía eléctrica de emergencia, las válvulas de aislamiento y las válvulas de seguridad. Algunas de esas ESC no pueden inspeccionarse *in situ* para determinar su fiabilidad operativa. Las pruebas y la vigilancia de las condiciones reales en que deben funcionar, que, por lo general, son difíciles o imposibles de reproducir, suelen llevarse a cabo en condiciones simuladas. Esas condiciones simuladas deberían planificarse cuidadosamente y los resultados deberían interpretarse con prudencia.

EVALUACIÓN DE RIESGOS DEL ESTADO DE LA CENTRAL EN CONDICIONES DE PARADA

7.2. La experiencia ha demostrado que la seguridad de las operaciones durante el período de parada de un reactor nuclear es cada vez más preocupante. Dado que una cantidad considerable de las actividades de MV+I se planifica y lleva a cabo en condiciones de parada de la central, la entidad explotadora debería realizar evaluaciones de la seguridad y adoptar las medidas necesarias para reducir al mínimo los riesgos durante los trabajos efectuados en ese modo de funcionamiento. La evaluación de riesgos debería abarcar el control de la reactividad, la extracción del calor residual, la manipulación del combustible y la integridad de la barrera de presión primaria y la barrera de presión de la contención.

7.3. En vista del número y diversidad de actividades que se llevan a cabo durante la parada, la dirección de la central debería prestar especial atención a su configuración. Debería tener en cuenta los riesgos que entraña cada fase del período de parada y el restablecimiento del equipo y los sistemas a su estado operacional, si así lo requiere la modalidad de funcionamiento. Elementos que suelen ser objeto de control y vigilancia son los siguientes:

- las fuentes de posible dilución y otros medios de control de la reactividad;
- las fuentes de suministro de energía eléctrica;
- los medios para extraer el calor residual, y
- los medios para prevenir los aumentos transitorios de presión.

7.4. La evaluación de riesgos debería englobar, en particular, las actividades que afectan de forma importante al nivel de riesgos de la central, por ejemplo, el funcionamiento con bajo nivel de agua de un reactor de agua a presión. Convendría utilizar los resultados de las evaluaciones probabilistas de la seguridad para el modo de parada, si se dispone de ellos. En la evaluación del riesgo deberían definirse las necesidades específicas de capacitación, los procedimientos especiales para el modo de parada o los otros procedimientos operativos o de vigilancia que sean necesarios.

7.5. Debería examinarse la secuenciación de los trabajos a fin de asegurar que los riesgos derivados de actividades simultáneas puedan controlarse y reducirse al mínimo.

ENVEJECIMIENTO DE LA CENTRAL

7.6. La entidad explotadora debería determinar las actividades complementarias de MV+I que serán necesarias a medida que la central vaya envejeciendo. En la planificación del mantenimiento, debería prestarse especial atención al menos a dos fases de la vida útil de la central, a saber: el comienzo de las operaciones inmediatamente después de la puesta en servicio y el período en que los mecanismos de envejecimiento podrían contribuir considerablemente al deterioro de ESC que tienen relación con la seguridad. No hay un momento concreto en que se pongan en marcha los procesos de envejecimiento que afectan a la seguridad de la central, ya que varían según las diversas ESC. Debería reconocerse la importancia de los procesos de envejecimiento para la seguridad y disponibilidad de una central nuclear con objeto de mantener y mejorar sus características operacionales a largo plazo. Debería evaluarse si el envejecimiento de las ESC puede aumentar el riesgo de fallos de modo común y de fallos incipientes, degradados o catastróficos de diverso grado, y de qué manera puede aumentar ese riesgo, con el fin de asegurar la disponibilidad de ESC envejecidas que sean importantes para la seguridad hasta el final de su vida en servicio. Por consiguiente, el programa de gestión de la seguridad debería incluir la vigilancia de la fiabilidad y el rendimiento de la central en lo que respecta a la degradación por envejecimiento; convendría también establecer un programa adecuado de mantenimiento preventivo.

7.7. Los programas de MV+I harán posible definir y vigilar los mecanismos de envejecimiento de las ESC, que deberían revisarse en los exámenes oficiales de la seguridad que se realizan periódicamente en la central (véase la referencia [7]). Los exámenes periódicos de la seguridad permitirán determinar las necesidades de mantenimiento o vigilancia adicionales o complementarias. A ese respecto, convendría considerar la posibilidad de llevar a cabo un examen o mejora del programa de MV+I para tener en cuenta esas necesidades.

7.8. A fin de gestionar los procesos de envejecimiento, el programa de MV+I debería tener en cuenta, entre otros, los siguientes aspectos:

- especificación de los componentes importantes para la seguridad que puedan sufrir degradación por envejecimiento;
- definición de los procesos de degradación que podrían menoscabar la seguridad de la central;
- establecimiento de métodos adecuados y actualizados para detectar y vigilar los procesos de envejecimiento;

- mantenimiento de registros apropiados que permitan hacer un seguimiento del proceso de envejecimiento;
- métodos para la adopción de medidas correctivas destinadas a mitigar o prevenir los efectos del envejecimiento, y
- cualquier cambio necesario en el programa de MV+I que se derive del análisis de los resultados.

Para obtener más información sobre la gestión del envejecimiento de las centrales nucleares, véase la referencia [8].

CENTRALES DISEÑADAS CON ARREGLO A NORMAS ANTERIORES

7.9. Las normas y los reglamentos de seguridad se revisan continuamente teniendo en cuenta la experiencia y las nuevas prácticas, y a menudo se mejoran o perfeccionan en consonancia. Por regla general, las nuevas normas y reglamentos se aplican a los nuevos proyectos propuestos. Las centrales diseñadas, aprobadas y construidas con arreglo a normas y reglamentos de seguridad anteriores podrán seguir en servicio de conformidad con las normas originales, siempre que se examine su seguridad y se constate que los niveles de seguridad siguen siendo aceptables. Un método de examen adecuado consiste en evaluar periódicamente la seguridad de la central con respecto a las normas y los reglamentos de seguridad vigentes. La entidad explotadora debería examinar las diferencias entre las normas originales y las que estén vigentes, y estudiar qué medidas podrían adoptarse en la central para superar esas diferencias. Como parte de ese examen la entidad explotadora debería revisar los programas de mantenimiento, prueba, vigilancia e inspección en servicio para confirmar que la central permanece y se mantiene en todo momento dentro de los límites de seguridad establecidos y, cuando ello se justifique técnicamente, debería introducir modificaciones en el programa de MV+I y en la central.

APLICACIONES INFORMÁTICAS IMPORTANTES PARA LA SEGURIDAD

7.10. El programa de MV+I de los sistemas informáticos difiere del que se aplica en relación con los componentes convencionales. Para prevenir o detectar defectos o el deterioro de los sistemas informáticos se requieren pruebas y procedimientos especiales. Esos sistemas son más vulnerables a las perturbaciones electromagnéticas que los sistemas convencionales. Las descargas estáticas provocadas por la acumulación de cargas eléctricas de la superficie

del cuerpo humano o de los componentes pueden dañar los dispositivos o componentes que se utilizan para almacenar programas o datos. La precipitación de polvo fino puede producir irregularidades en los circuitos. Por tales motivos el régimen de pruebas y mantenimiento de ese tipo de equipo debería elaborarse en consulta con los diseñadores y fabricantes.

7.11. Los sistemas informáticos se utilizan tanto para realizar funciones importantes para la seguridad, como para monitorizar y poner a prueba sistemas importantes para la seguridad. Debería garantizarse que los sistemas informáticos de ambos tipos sean aptos para su uso y reciban mantenimiento en consonancia con su importancia para la seguridad. Las actividades de mantenimiento de los sistemas informáticos deberían llevarse a cabo y gestionarse con arreglo a un plan de mantenimiento acordado entre el usuario y el creador del sistema antes de que ese sistema se haya aceptado.

7.12. El programa de pruebas periódicas de los sistemas informáticos importantes para la seguridad debería incluir pruebas de funcionamiento aplicables, la comprobación de los instrumentos, la verificación de la calibración adecuada y pruebas del tiempo de respuesta. Las pruebas de funcionamiento periódicas deberían comprender, entre otras cosas, lo siguiente:

- a) pruebas de todas las funciones básicas relacionadas con la seguridad;
- b) pruebas especiales para detectar fallos que no puedan revelar los mecanismos de autoverificación del sistema, las alarmas o los indicadores de anomalías, y
- c) pruebas de las principales funciones no relacionadas con la seguridad para detectar la degradación de su desempeño.

7.13. En el caso de sistemas informáticos modificados o nuevos, debería establecerse un período de prueba del funcionamiento en que se realicen pruebas en servicio con mayor frecuencia.

7.14. Para obtener más información sobre el MV+I de los sistemas informáticos importantes para la seguridad, véase la referencia [9].

8. OTRAS CONSIDERACIONES ESPECÍFICAS SOBRE EL MANTENIMIENTO

JERARQUIZACIÓN SEGÚN LA IMPORTANCIA PARA LA SEGURIDAD

8.1. El programa de mantenimiento preventivo debería incluir cuantas estructuras, sistemas y componentes revistan importancia para la seguridad. La entidad explotadora debería examinar debidamente el programa para asegurar que en él estén adecuadamente especificados y clasificados los elementos importantes para la seguridad y se hayan satisfecho todos los requisitos aplicables del órgano regulador. Véanse en las referencias [6, 10] más indicaciones sobre la clasificación de las ESC según su importancia para la seguridad.

8.2. Las actividades de mantenimiento pueden repercutir considerablemente en el grado de fiabilidad y riesgo, pero también pueden suponer un importante gasto de recursos. A fin de conciliar necesidades que pueden llegar a ser contradictorias, convendría jerarquizar las distintas medidas de mantenimiento en función de su importancia y cuantificar su probable efecto en el grado de fiabilidad y riesgo. Para ello se pueden emplear distintos enfoques, todos los cuales pasan primeramente por seleccionar las ESC importantes para la seguridad y después por definir criterios de riesgo y de comportamiento que permitan tener la certeza de que las ESC siguen estando en condiciones de cumplir sus funciones previstas. Este es el procedimiento que convendría seguir para determinar las tareas de mantenimiento más importantes a efectos de garantizar la fiabilidad de los componentes y controlar los riesgos.

8.3. Convendría contemplar el uso de estrategias basadas en el conocimiento de los riesgos con objeto de lograr un equilibrio razonable entre las medidas de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo (véanse los párrafos 2.2 a 2.4) y de facilitar un mantenimiento proactivo, más que exclusivamente reactivo.

8.4. El mantenimiento preventivo debería realizarse con la frecuencia y el alcance necesarios para que las ESC de la central que revisten importancia para la seguridad mantengan un grado de fiabilidad y funcionalidad acorde con las premisas y el propósito del diseño. También debería garantizar que las condiciones de seguridad de la central no se vean afectadas desde el principio

de la explotación. Al establecer la frecuencia y el alcance de las labores de mantenimiento preventivo convendría tener en cuenta los aspectos siguientes:

- importancia de las ESC para la seguridad;
- recomendaciones de los diseñadores y proveedores;
- experiencia existente al respecto;
- resultados de la monitorización de las condiciones;
- probabilidad de funcionamiento indebido;
- mantenimiento en línea, e
- imperativo de mantener las dosis de radiación en niveles tan bajos como sea razonablemente posible (principio ALARA).

8.5. Convendría optimizar la frecuencia de mantenimiento de las ESC que en condiciones normales no se utilicen para evitar que la sucesión de pruebas a la larga las desgaste, aunque también para garantizar que cumplan sus funciones satisfactoriamente cuando se requiera y reducir la probabilidad de error al volver a ponerse en servicio.

LOCALES DE MANTENIMIENTO

Talleres

8.6. La entidad explotadora debería proporcionar locales de taller adecuados, con el espacio suficiente y el equipo necesario para realizar eficazmente las labores de mantenimiento. En ello se tendría en cuenta la disponibilidad y utilización prevista de instalaciones fuera del emplazamiento y la necesidad de tomar en consideración los elementos radiactivos de la central. Convendría contar en el emplazamiento con talleres para equipo mecánico, eléctrico, de control y de instrumentación.

8.7. Cada uno de los talleres debería estar dotado de lo siguiente:

- a) una zona de oficinas (cuando no la haya en otro lugar), dotada de instalaciones para procesar y conservar registros y procedimientos;
- b) una zona de montaje y revisión, provista de encimeras adecuadas para desmontar, reparar y montar de nuevo los elementos de la central de los que en principio deba ocuparse el taller, e
- c) instalaciones seguras para almacenar instrumentos especiales y el equipo de pruebas necesario para el trabajo de mantenimiento.

8.8. Las instalaciones, estén dentro o fuera del emplazamiento, deberían contar al menos con lo siguiente.

- a) Talleres mecánicos:
 - i) espacio y equipo para labores de soldadura, fabricación de placas y chapas metálicas, adaptación de tuberías y manipulación de equipo y material pesados;
 - ii) máquinas herramienta como tornos, fresadoras, limadoras, taladros de columna, amoladoras y prensas, y
 - iii) una sala limpia con equipo de lapeado, pulido y verificación de superficies.
- b) Talleres eléctricos:
 - i) bancos de pruebas con las tomas de corriente necesarias;
 - ii) una instalación de revisión y prueba de motores;
 - iii) una zona de acceso controlado para realizar pruebas a alta tensión;
 - iv) instalaciones de prueba y calibración de instrumentos y relés, y
 - v) una pequeña instalación bobinadora.
- c) Talleres de control e instrumentación:
 - i) bancos de pruebas con el material eléctrico, electrónico, neumático e hidráulico y el equipo de pruebas que se requieran;
 - ii) instalaciones de calibración y prueba de instrumentos, controles y equipo portátil de calibración, y
 - iii) una instalación para la detección segura de fallos latentes en equipo energizado.
- d) Otros elementos:
 - i) instalaciones para las pruebas de aceptación de equipo revisado o de recambio, según las necesidades, e
 - ii) instrumentos de mantenimiento preventivo, como analizadores de vibraciones, instrumental de monitorización de rodamientos e instalaciones de pruebas no destructivas.

Locales destinados al mantenimiento de elementos radiactivos

8.9. A veces resulta inconveniente o imposible descontaminar ciertos elementos de la central en la medida suficiente para poder darles mantenimiento en talleres habilitados para material no irradiado. Convendría disponer de instalaciones especiales para elementos contaminados a fin de mantener las dosis de radiación absorbidas por las personas en niveles tan bajos como sea razonablemente posible y evitar la dispersión de contaminación. Para ello se pueden utilizar instalaciones específicas para determinados elementos de la central, así como talleres ubicados dentro de la zona controlada que trabajen con las piezas radiactivas

que se les entreguen. También puede ser conveniente contar con almacenes de instrumentos destinados especialmente a estas labores, cuya utilización debería estar controlada.

8.10. A veces la dirección de la central puede juzgar necesario complementar todas las disposiciones permanentes antedichas con el montaje de una instalación temporal en torno a un elemento de la central o una máquina herramienta.

8.11. Sea cual fuere el tipo de instalación que se utilice, convendría tener en cuenta lo siguiente:

- vestuarios y controles de acceso;
- ventilación con filtración del aire saliente;
- manipulación y almacenamiento temporal de desechos radiactivos sólidos y líquidos;
- equipo de monitorización radiológica y de protección contra la radiación;
- equipo de blindaje y de manipulación a distancia;
- disposiciones para almacenar elementos radiactivos con arreglo a las normas establecidas, separando los elementos conformes de los no conformes;
- elementos de descontaminación necesarios, y
- plataformas y estructuras de acceso, de ser menester.

Instalaciones de descontaminación

8.12. La entidad explotadora debería proporcionar instalaciones para eliminar la contaminación radiactiva de instrumentos, equipo y elementos de la central antes de proceder a su mantenimiento o de tomar cualquier otra disposición. Estas instalaciones deberían reunir las siguientes características:

- salas de control de acceso y vestuarios;
- ventilación con filtración del aire saliente;
- manipulación, almacenamiento y disposición final de desechos radiactivos líquidos;
- manipulación, almacenamiento y disposición final de desechos radiactivos sólidos;
- equipo de monitorización radiológica y de protección contra la radiación;
- cisternas y equipo especial de descontaminación con capacidad para descontaminar los elementos de mayor tamaño de la central que probablemente deban ser descontaminados;

- suministro suficiente de energía eléctrica y también de vapor, agua caliente, aire comprimido y agentes químicos descontaminantes apropiados, y
- otros sistemas de descontaminación, como los empleados para técnicas de chorro de vidrio o de ultrasonido.

8.13. Convendría establecer vestuarios e instalaciones de descontaminación que puedan aprovecharse al máximo en períodos de intenso trabajo de mantenimiento.

8.14. A veces puede ser conveniente efectuar *in situ* una primera descontaminación de determinados componentes antes de retirarlos y llevarlos a la instalación de descontaminación, para lo cual se tendría que proporcionar el equipo adecuado junto con las instrucciones de uso, que deberían ser validadas para prevenir el deterioro del equipo, la exposición indebida del personal o la dispersión de contaminación.

Otras instalaciones, instrumentos y equipo

Maquetas

8.15. En ciertos casos puede ser provechoso para el trabajo de mantenimiento diseñar y construir modelos de simulación o maquetas de determinadas secciones de la central, ya sean de tamaño real o a escala reducida, en lugares alejados de la sección de la central en cuestión. Convendría plantearse este tipo de instalaciones en particular para los fines siguientes:

- ensayar previamente el trabajo que se vaya a realizar en zonas de alta radiación o con elementos de la central muy contaminados, especialmente cuando intervenga personal poco familiarizado con la central o se realice una tarea inusual o especializada;
- preparar y validar procedimientos con objeto de evitar errores y reducir la exposición;
- acumular experiencia en el uso de instrumentos y equipo de protección;
- crear y perfeccionar instrumentos y equipo, y
- capacitar y cualificar al personal para determinadas tareas y confirmar las estimaciones de la duración de cada una de ellas.

Equipo e instrumentos especiales

8.16. Además del equipo especial indispensable para las actividades de mantenimiento, la dirección de la central debería proporcionar equipo especial cuando ello pueda reducir la exposición o aumentar la seguridad de forma

significativa, así como impartir la capacitación adecuada para utilizarlo. Algunos ejemplos del equipo especial que convendría tener en cuenta son los siguientes:

- dispositivos de manipulación a distancia e instrumentos teledirigidos para fines especiales;
- equipo automático de corte y soldadura;
- equipo teledirigido de pruebas no destructivas;
- lapeadoras automáticas para asientos de válvula;
- equipo de vigilancia a distancia, como espejos, prismáticos, telescopios, periscopios, boroscopios, fibroscopios, televisión en circuito cerrado y cámaras teledirigidas;
- sistemas de comunicación, como radio y teléfonos de línea directa, y equipo de comunicaciones que pueda utilizarse llevando puesto el equipo de protección respiratoria;
- contenedores especiales para elementos contaminados;
- contenedores blindados y blindaje portátil;
- vestimenta y equipo de protección, con la posible incorporación de técnicas avanzadas de dosimetría para poder conocer y gestionar mejor la exposición ocupacional;
- material y utillaje para controlar y contener la contaminación radiactiva (por ejemplo, láminas y carpas de plástico, revestimiento de papel para suelos, limpiadores de succión y utillaje de limpieza de suelos), y
- material de acceso, fijo o de montaje rápido, que permita reducir la exposición del personal (por ejemplo, escaleras fijas o brazos telescópicos).

Archivos fotográficos y videográficos y simulaciones informáticas

8.17. Durante la construcción de la central la entidad explotadora debería hacer lo necesario para conservar un registro completo de fotografías y, si procede, de imágenes de vídeo y simulaciones informáticas, especialmente de las zonas de la central que a la larga serán inaccesibles o estarán sometidas a irradiación intensa. Convendría constituir un catálogo exhaustivo de estos registros visuales de las condiciones conforme a obra, que deberían llevar marcas identificativas y textos descriptivos. Ello servirá para cotejar fácilmente las fotografías o imágenes de vídeo similares obtenidas en las posteriores inspecciones o actividades de mantenimiento, y también resultará útil para planificar el trabajo y familiarizar al personal antes de poner en marcha las labores de mantenimiento.

Instalaciones de elevación y manipulación

8.18. La entidad explotadora debería asegurar que el diseño de la central prevea instalaciones y espacio suficientes para todos los elementos de la central que probablemente hayan de ser retirados y transportados, así como vías despejadas para acceder a ellos.

8.19. La dirección de la central debería proveer instalaciones adecuadas de elevación y transporte, e indicar claramente su capacidad de carga. En su selección y uso se deberían tener en cuenta las posibles consecuencias radiológicas de todo fallo que puedan sufrir. Entre las precauciones que convendría adoptar cabe mencionar la revisión y el mantenimiento periódicos del equipo de elevación, las pruebas periódicas, las inspecciones especiales antes de operaciones importantes de elevación y aparejado y la colocación de avisos de precaución que circunscriban a ciertas zonas especificadas los movimientos de cargas pesadas. Todas las operaciones de elevación y aparejado deberían estar a cargo de personal capacitado.

8.20. Convendría tener especialmente en cuenta el uso de dispositivos móviles de elevación y transporte (por ejemplo, equipo de retirada de filtros) como posible recurso para reducir de manera importante la exposición ocupacional.

PIEZAS DE REPUESTO Y EXISTENCIAS

Organización

8.21. La entidad explotadora debería establecer una dependencia orgánica que reúna las características adecuadas para comprar, recibir, almacenar y despachar los materiales y los componentes y elementos de repuesto de la central que se vayan a utilizar en sistemas importantes para la seguridad. La sección encargada de recibir, almacenar y despachar estos elementos en el emplazamiento debería depender de la dirección de la central. La sección de compras también debería depender de la dirección de la central, pero podría estar situada en otro lugar, por ejemplo, para dar servicio a varias centrales. En este último caso la entidad explotadora debería asegurar que se establezcan procedimientos por escrito que controlen las relaciones entre la sección de compras situada fuera del emplazamiento y la dirección de la central. En estos procedimientos debería definirse claramente quién tiene potestad para establecer los requisitos técnicos y de garantía de calidad y para seleccionar a los proveedores. Cuando tal potestad recaiga en una entidad que esté fuera del emplazamiento, los procedimientos

deberían exigir que la dirección de la central sea consultada y dé su visto bueno. Sea cual fuere la estructura orgánica, la entidad explotadora debería establecer procedimientos escritos que rijan estas actividades y proporcionar al personal que intervenga en ellas una capacitación adecuada en garantía de calidad.

8.22. La dirección de la central debería definir por escrito las responsabilidades de la dependencia orgánica que reciba, almacene y despache elementos importantes para la seguridad. Una solución satisfactoria sería que el personal a cargo de las existencias estuviera subordinado al jefe de la dependencia de compras situada dentro del emplazamiento. Si la dirección de la central se planteara asignar esta responsabilidad a un grupo administrativo, harían falta procedimientos adecuados para asegurar que este grupo respondiera a las necesidades del grupo de mantenimiento.

8.23. El grupo de mantenimiento debería encargarse de procurar componentes y piezas de repuesto, instrumentos y recursos en número suficiente para cumplir sus objetivos. También debería encargarse de definir los volúmenes de existencias y de autorizar el despacho y uso de componentes y elementos de repuesto.

Compras

8.24. La entidad explotadora debería organizar la compra de cantidades suficientes de componentes y elementos de repuesto de los sistemas importantes para la seguridad al mismo tiempo que adquiere los que deben ser instalados en la central. Esas piezas de repuesto deberían cumplir como mínimo las mismas normas técnicas y los mismos requisitos de garantía de calidad que los elementos equivalentes instalados en la central y satisfacer además otras disposiciones que garanticen su adecuada protección durante un período de almacenamiento prolongado.

8.25. Las cantidades iniciales de componentes y elementos de repuesto que se vayan a adquirir deberían ser aprobadas por la dirección de la central, previa consulta con el proveedor y teniendo en cuenta la experiencia de la entidad explotadora en materia de mantenimiento, atendiendo en particular a los siguientes factores:

- número e importancia de los principales elementos de la central que podrían sufrir un fallo grave;
- toda singularidad de un proceso de fabricación que impida volver a fabricar más adelante un elemento de la central;

- toda incertidumbre en cuanto al futuro suministro de piezas y componentes disponibles en el momento;
- plazos de entrega previstos;
- duración estimada de las reparaciones de un elemento de la central, en comparación con el tiempo de no disponibilidad del elemento que admitan los límites y condiciones operacionales, y
- tiempo de conservación del componente.

8.26. En la compra de componentes y elementos, materiales y piezas de repuesto deberían tenerse en cuenta las disposiciones de la guía de seguridad Q6 titulada *Quality Assurance in the Procurement of Items and Services for Nuclear Power Plants*, que figura en la referencia [2]. No debería estar permitida la menor desviación respecto de la especificación original antes de haber sometido el cambio a la dirección de la central para que esta lo estudie conforme al procedimiento establecido para modificaciones de la central. Con los modernos métodos de producción puede resultar muy difícil descubrir si un fabricante ha introducido un cambio en un elemento, especialmente en el caso del equipo electrónico o de los pequeños elementos sellados del equipo de control. Por ello sería conveniente mantenerse en estrecho contacto con los fabricantes.

8.27. Debería ser responsabilidad de la dependencia de compras velar por que todos los materiales y elementos sean adquiridos únicamente de proveedores aprobados por la entidad explotadora. En la guía de seguridad Q6, que figura en la referencia [2], se formulan orientaciones al respecto.

8.28. Convendría que el proceso sistemático para cursar nuevos pedidos de materiales y elementos de la central que ya se tengan en almacén se inicie automáticamente, con arreglo a procedimientos establecidos por escrito, en cuanto las existencias bajen hasta un límite inferior al determinado previamente. Este límite debería basarse en la tasa de utilización prevista o conocida, y en el plazo de entrega o tiempo de conservación estimados. En el momento de hacer un nuevo pedido, la dependencia de compras debería asegurar por medio de exámenes documentados que los requisitos técnicos y los de garantía de calidad estén debidamente actualizados y figuren en los documentos de compra que se generan de forma sistemática.

8.29. El proceso de compra de elementos de mantenimiento que no se tengan en almacén debería ponerlo en marcha el grupo de mantenimiento que, con arreglo a un procedimiento establecido, debería encargarse de asegurar que los requisitos técnicos y de garantía de calidad estén definidos correctamente y se hayan comunicado a la dependencia de compras. Después, la dependencia de

compras debería velar por que esos requisitos técnicos y de garantía de calidad sean incorporados sin modificación alguna en los documentos de compra.

Recepción

8.30. La entidad explotadora debería proveer instalaciones adecuadas para recibir en el emplazamiento todos los materiales, piezas de repuesto y componentes de repuesto de elementos importantes para la seguridad. La zona de recepción debería disponer de equipo para manipular de forma segura y conveniente esos elementos y de espacio suficiente y con las condiciones físicas adecuadas para inspeccionarlos debidamente al recibirlos. Convendría contar con una zona independiente y segura de cuarentena en la que retener temporalmente las existencias que aún no hayan recibido el visto bueno para su despacho o almacenamiento final.

8.31. La dirección de la central debería especificar por escrito quién se encargará de recibir en el emplazamiento los materiales, las piezas de repuesto y los componentes y establecer un procedimiento especial para controlar el proceso de recepción y aceptación, que debería incluir una inspección visual externa para detectar cualquier daño o deterioro en tránsito y la verificación del correcto embalaje e identificación. La información identificativa debería quedar registrada para los posteriores controles de materiales y existencias. No se debería autorizar el almacenamiento final de los elementos que se consideren incompletos o incorrectos o que vayan acompañados de documentación inadecuada. El procedimiento debería prever también el requisito de etiquetar o rotular esos elementos hasta que se resuelva la cuestión de su no conformidad. En la guía de seguridad Q6, que figura en la referencia [2], se formulan orientaciones pormenorizadas sobre las inspecciones en el momento de la recepción.

Almacenamiento

8.32. La entidad explotadora debería asegurar que las instalaciones de almacenamiento ofrezcan espacio suficiente y dispongan de lo necesario para guardar las existencias de forma segura y en un entorno físico adecuado para impedir su deterioro. El acceso y el equipo de manipulación instalado deberían ser adecuados para los tipos y dimensiones de los elementos que vayan a ser almacenados.

8.33. La dirección de la central debería tomar disposiciones administrativas para garantizar que la instalación de almacenamiento se gestione en condiciones adecuadas del entorno que protejan la instalación contra el peligro de incendio e

impidan el acceso no autorizado a los elementos almacenados. Estos elementos deberían estar dispuestos de tal manera que sea posible examinar regularmente todas las existencias como convenga y, de ser necesario, con equipo apropiado de manipulación.

8.34. Las disposiciones administrativas deberían incluir procedimientos escritos por los que se asigne la responsabilidad de examinar periódicamente los elementos almacenados y auditar la gestión de las existencias para detectar todo deterioro o uso no autorizado o no registrado de dichos elementos. Convendría prestar especial atención a la necesidad de conservar la identificación original de los elementos mientras estén almacenados.

8.35. En el procedimiento relativo a las modificaciones, la dirección de la central debería adoptar medidas para iniciar, controlar y registrar la modificación de las piezas de repuesto después de que se hayan modificado los elementos equivalentes instalados en la central.

8.36. Cuando el embalaje de un artículo incorpore elementos que lo protegen del deterioro durante el almacenamiento y se considere necesario inutilizar esa protección, por ejemplo, para modificar o inspeccionar el artículo, convendría después restablecer la función protectora o evitar el deterioro por algún otro medio equivalente.

8.37. Los elementos que tengan un tiempo de conservación limitado y no hayan sido utilizados deberían ser sustituidos en su debido momento para garantizar su idoneidad para la función prevista cuando sean necesarios. La guía de seguridad Q13 titulada *Quality Assurance in Operation*, que figura en la referencia [2], contiene información sobre cuestiones relativas al almacenamiento.

Despacho de elementos almacenados

8.38. Las instalaciones de almacenamiento deberían adoptar medidas para despachar de forma conveniente y ordenada los elementos almacenados. Para ello normalmente se utiliza un mostrador o una barrera que permita despachar las existencias sin contravenir las disposiciones de seguridad física y los requisitos del entorno.

8.39. Los elementos almacenados deberían ser despachados únicamente por personas autorizadas, previa solicitud por escrito de las personas facultadas para recibir esos elementos. Se deberían crear registros para tener constancia documental del destino último de los elementos despachados y facilitar

su localización. Los procedimientos de despacho deberían exigir que todo elemento excedentario o no utilizado sea devuelto al almacén con arreglo a los procedimientos normales de recepción.

8.40. A menos que haya disposiciones organizativas que permitan un acceso permanente al almacén, como una dotación completa de personal en todos los turnos, los procedimientos deberían posibilitar el despacho de emergencia de elementos que se necesiten urgentemente bajo la autoridad y el control del supervisor de turno y de forma compatible con el proceso normal de despacho.

REPARACIÓN Y SUSTITUCIÓN

Disposiciones generales

8.41. Por regla general convendría reparar o sustituir los componentes que, tras ser evaluados, se consideren inaceptables para seguir en servicio. También se deberían sustituir los que hayan quedado obsoletos.

8.42. Las reparaciones o sustituciones de elementos defectuosos deberían ser objeto de riguroso control, en particular cuando las normas vigentes exijan soluciones y técnicas distintas de las utilizadas en el proceso de fabricación original. En tales situaciones la entidad explotadora debería estudiar qué normas serían aplicables a la reparación o sustitución en virtud de las disposiciones oficiales de modificación de la central. Siempre que sea posible deberían aplicarse las normas vigentes. Toda propuesta de reparación o sustitución que deba realizarse con arreglo a normas distintas de las originales debería tomar en consideración lo siguiente:

- a) tras examinar los requisitos referidos al diseño, la fabricación y la inspección del elemento, se debería confirmar que estos no contravienen en modo alguno los requisitos de seguridad originales;
- b) las ediciones ulteriores de códigos o normas existentes o los nuevos códigos o normas no deberían entrañar modificación alguna de interfaces mecánicas, ajustes o tolerancias que afecten al comportamiento, y
- c) los materiales empleados deberían ser compatibles y acordes con los requisitos de instalación y explotación del sistema.

8.43. Los componentes que por una u otra razón hayan sido reparados o sustituidos deberían ser inspeccionados de nuevo con arreglo a las recomendaciones de la presente guía de seguridad, y los componentes de retención de la presión deberían

ser sometidos a prueba siguiendo el procedimiento correspondiente antes de ser puestos de nuevo en servicio. Este proceso de reinspección debería basarse en el método por el cual se haya detectado el deterioro y constituir la referencia con la que se comparen los resultados de las posteriores inspecciones en servicio.

8.44. Cuando los sistemas o componentes requieran modificaciones, alteraciones o adiciones, convendría seguir las disposiciones de la presente guía de seguridad en materia de reparación y sustitución.

Mantenimiento correctivo

8.45. El grupo de mantenimiento, con la ayuda de entidades externas de ser preciso, debería poder restablecer la capacidad operacional normal de la central mediante intervenciones de mantenimiento correctivo como la sustitución o reparación de elementos defectuosos de la central.

8.46. La necesidad del mantenimiento correctivo puede surgir cuando se detectan deficiencias o fallos durante la explotación de la central. En previsión de tal eventualidad, la dirección de la central debería preparar procedimientos apropiados, en los que se especifique cómo notificar tales fallos al grupo de mantenimiento y cómo retirar del servicio uno u otro elemento de la central con fines de mantenimiento correctivo (por ejemplo, procedimientos para autorizar órdenes de trabajo o para expedir permisos de trabajo en relación con el aislamiento de equipo). Estos procedimientos deberían obligar al personal de explotación a ordenar por prioridad las labores correctivas en función de su importancia para la seguridad, teniendo en cuenta los límites y condiciones operacionales y la necesidad de evitar que se pierda cualquier función de seguridad.

8.47. Una vez concluida una intervención de mantenimiento correctivo, convendría preparar un breve informe sobre las reparaciones o sustituciones efectuadas, e indicar el componente que haya fallado y su modo de fallo, la medida correctiva adoptada, el tiempo total de reparación, el tiempo total de interrupción del servicio y el estado del sistema al término del trabajo de mantenimiento correctivo. En el caso de fallos de calado que afecten a un componente importante para la seguridad, convendría efectuar un análisis de la causa subyacente para evitar que se reproduzca.

8.48. El grupo de mantenimiento debería examinar periódicamente los registros de mantenimiento en busca de fallos incipientes o recurrentes. Cuando en uno de esos exámenes o en las labores de mantenimiento preventivo de la central se detecte la necesidad de medidas de mantenimiento correctivo, el grupo

de mantenimiento debería poner en marcha esas medidas en función de los procedimientos administrativos ya mencionados. Si procede, se debería revisar en consecuencia el programa de mantenimiento preventivo.

Sustitución de elementos defectuosos

8.49. Cuando la medida de mantenimiento correctivo más conveniente sea la sustitución de un elemento defectuoso de la central por otro de repuesto probadamente idéntico, convendría hacerlo siguiendo los procedimientos establecidos, como los que rigen la expedición de autorizaciones de órdenes de trabajo. Se debería proceder a la disposición final de todo elemento defectuoso de la central que no se preste a ulterior reparación mediante un proceso adecuado que impida su reutilización. No debería estar permitida la acumulación de componentes defectuosos en las zonas de trabajo.

8.50. Tras la sustitución de un elemento defectuoso convendría efectuar las pruebas de funcionamiento o de comportamiento pertinentes junto con el personal de explotación. Después de documentar esas pruebas y registrar sus resultados, el elemento de la central sería puesto de nuevo en servicio o en modo de reserva con arreglo a los procedimientos establecidos (véanse también los párrafos 5.27 a 5.32).

Reparación de elementos defectuosos

8.51. Los elementos defectuosos, hayan sido o no retirados de la central, deberían ser reparados de conformidad con los procedimientos establecidos, como los que rigen la expedición de permisos de trabajo para el aislamiento de equipo y de autorizaciones de órdenes de trabajo, según proceda.

8.52. Cuando una reparación en la central suponga algo más que la mera sustitución de piezas o componentes por elementos de repuesto idénticos, convendría realizar un examen para determinar si la reparación entrañará cambios suficientes como para que deba aplicarse el procedimiento de control de modificaciones de la central.

8.53. Si se hicieran reparaciones *in situ*, convendría efectuar pruebas posteriores al mantenimiento y poner de nuevo el elemento en servicio cumpliendo los procedimientos al respecto, según lo indicado en los párrafos 8.50 y 8.55.

8.54. Los elementos de la central que hayan sido reparados en el taller deberían ser sometidos a inspección y prueba para garantizar, en la medida de lo posible,

que vuelvan a estar en perfectas condiciones de funcionamiento. Cuando no se puedan realizar las pruebas de principio a fin en el taller, convendría colocar etiquetas o rótulos de advertencia en el elemento en cuestión para alertar de que aún no puede ser reutilizado porque el proceso de prueba no ha concluido. Una vez terminados estos procesos posteriores a la reparación, los elementos que no se vayan a instalar de inmediato deberían ser devueltos a los almacenes siguiendo los procedimientos normales de recepción.

PRUEBAS POSTERIORES AL MANTENIMIENTO

8.55. Después del mantenimiento de un sistema o componente, y antes de ponerlo nuevamente en servicio, convendría efectuar pruebas para comprobar que se ha cumplido el objetivo del mantenimiento, que se respetan los límites y condiciones de funcionamiento normal correspondientes a ese sistema o componente y que la central puede funcionar en condiciones de seguridad. Como parte de este procedimiento convendría someter a prueba los sistemas conectados y otros sistemas presentes en la zona de trabajo que puedan haber resultado afectados por las operaciones de mantenimiento.

9. OTRAS CONSIDERACIONES ESPECÍFICAS SOBRE LA VIGILANCIA

PROGRAMA DE VIGILANCIA

9.1. La entidad explotadora debería instituir un programa de vigilancia con objeto de comprobar que las disposiciones para una explotación segura que se hayan introducido en el diseño y verificado durante la construcción y la puesta en servicio se mantienen en vigor durante la vida operacional de la central y siguen aportando los datos que han de utilizarse para determinar el tiempo remanente de vida en servicio de las ESC. Al mismo tiempo, el programa debería servir para comprobar que los márgenes de seguridad son adecuados y ofrecen una elevada tolerancia ante todo incidente operacional previsto, error o disfunción. Convendría prestar especial atención a los siguientes aspectos:

- integridad de las barreras existentes entre el material radiactivo y el entorno (como las vainas del combustible, la barrera primaria de presión y la contención);

- disponibilidad de sistemas de seguridad como el sistema de protección, los sistemas de accionamiento del sistema de seguridad o los elementos de apoyo del sistema de seguridad (véase la referencia [11]), y
- disponibilidad de elementos cuyo fallo pueda influir negativamente en la seguridad.

9.2. El programa de vigilancia debería cumplir las funciones siguientes:

- definir con suficiente amplitud y profundidad los objetivos de la vigilancia en consonancia con los límites y condiciones operacionales y demás requisitos que sean aplicables a las ESC importantes para la seguridad;
- especificar la frecuencia de las actividades de vigilancia y establecer un calendario para llevarlas a cabo;
- especificar las normas que deban aplicarse y establecer los procedimientos que deban cumplimentarse para llevar a cabo y evaluar cada una de las actividades de vigilancia;
- comprobar que las ESC importantes para la seguridad permanecen dentro de los límites y condiciones operacionales;
- especificar las atribuciones y responsabilidades asignadas a cuantas personas y cuantas entidades de dentro y de fuera del emplazamiento intervengan en las decisiones sobre las actividades de vigilancia y en su realización;
- especificar las cualificaciones del personal que lleva a cabo las actividades de vigilancia;
- indicar los sitios en que haya que realizar pruebas y rectificar toda eventual deficiencia;
- especificar los requisitos relativos a los registros que deban llevarse, su conservación y su recuperabilidad;
- remitir a otros documentos que revistan interés para el programa de vigilancia, y
- garantizar que los programas de vigilancia sean revisados periódicamente (véanse los párrafos 5.33 a 5.38).

9.3. En consonancia con el cuarto punto del párrafo 9.2, convendría establecer un requisito de vigilancia adecuado para cada límite y condición operacional (para obtener más información sobre los límites y condiciones operacionales, véase la referencia [3]).

9.4. Algunos datos relativos a la explotación de la central, como el número de disparos o el número y valor de las variaciones de temperatura y potencia, no se obtienen por los métodos habituales de vigilancia como la monitorización, la medición o la realización de pruebas, sino directamente a partir de los registros

del historial de explotación de la central. Aunque esta cuestión no se aborda en la presente guía de seguridad, sí se reconoce que la obtención y evaluación de tales datos revisten suma importancia para evaluar el comportamiento de la central y el tiempo remanente de vida de sus ESC.

9.5. No todas las ESC requieren actividades de vigilancia de igual frecuencia y alcance. La aplicación de los principios de garantía de calidad hace posible establecer los requisitos de vigilancia conforme a un enfoque graduado, de modo que esos requisitos sean compatibles con las funciones de seguridad que cumplen las ESC. Convendría tener en cuenta la probabilidad de disfunción (se pueden emplear los resultados de análisis probabilistas de seguridad, cuando sean aplicables), así como la exigencia de mantener las exposiciones a la radiación en niveles tan bajos como sea razonablemente posible. Asimismo, debería optimizarse la frecuencia con que se someten a prueba las ESC que en condiciones normales no se utilizan, de tal manera que puedan cumplir satisfactoriamente sus funciones cuando sea preciso y que se evite su posible desgaste por un exceso de pruebas. Para decidir sobre el alcance de los requisitos de vigilancia los sistemas se pueden clasificar en función de su importancia para la seguridad.

9.6. Al definir los componentes del programa mencionados en el párrafo 9.2 convendría tener en cuenta lo siguiente:

- los requisitos establecidos en el informe de análisis de la seguridad, los límites y condiciones operacionales y otros requisitos aplicables del órgano regulador;
- los resultados del programa de puesta en servicio, con especial atención a los datos de referencia, el estado conforme a obra de la central y los criterios de aceptación, y
- la disponibilidad de elementos importantes para la seguridad y la detección de deficiencias o fallos incipientes que puedan surgir durante la explotación o antes de poner de nuevo en servicio un elemento tras su mantenimiento, reparación o modificación.

9.7. La entidad explotadora debería elaborar el programa de vigilancia con la antelación suficiente para que pueda ser debidamente aplicado en cuanto los elementos de la central entren en funcionamiento en la fase de puesta en servicio o, si procede, tras la instalación. Convendría programar su aplicación de modo que la seguridad de la central no dependa de ESC que no se hayan sometido a prueba o monitorización.

9.8. A fin de cumplir lo dispuesto en el párrafo 9.7, convendría establecer el programa de vigilancia con la antelación necesaria para que sea posible:

- a) elaborar, examinar y aprobar los procedimientos complementarios a su debido tiempo;
- b) someter a prueba los procedimientos de vigilancia durante la fase de puesta en servicio, en la medida de lo posible, y
- c) registrar ciertos parámetros (durante la construcción y posteriormente), pero antes de que empiece la explotación) para utilizarlos como referencia en la labor de monitorización. (Quizás sea necesario, por ejemplo, marcar de forma permanente, medir y registrar ciertas cotas y referencias de alineación que sirvan de referentes conforme a obra con los que después efectuar comparaciones).

9.9. Al preparar y revisar el programa de vigilancia, convendría prestar especial atención al objetivo de que, cuandoquiera que se efectúen pruebas de vigilancia, se mantenga el control de la configuración de la central y siga habiendo suficiente equipo redundante en condiciones de funcionamiento, incluso cuando la central esté en régimen de parada, para garantizar que no se contravenga ningún límite ni condición operacional.

VIGILANCIA DE LA INTEGRIDAD DE LAS BARRERAS

9.10. Las medidas de vigilancia que convendría adoptar para comprobar la integridad de las vainas del combustible comprenden, entre otras posibles, las siguientes:

- inspección del combustible nuevo, los componentes del núcleo y elementos conexos como los dispositivos de restricción del flujo y los dispositivos de localización, conforme a un calendario acordado, antes de cargarlos en el núcleo; esta inspección (véase la referencia [12]) puede comprender métodos visuales, metrológicos y otros más complejos (como pruebas con helio);
- monitorización de las condiciones térmicas e hidráulicas, como el flujo, la temperatura, la presión o la potencia bruta y local, para asegurar que se respeten los límites y condiciones operacionales;
- monitorización de la actividad y composición química del refrigerante del reactor (por ejemplo, mediante análisis de muestras);

- inspección adecuada del combustible irradiado antes de reutilizarlo, almacenarlo o transportarlo (por ejemplo, mediante inspección visual o pruebas de fugas);
- monitorización de la actividad y la composición química del agua o el gas en las instalaciones de almacenamiento de combustible irradiado, y
- monitorización de las descargas de material radiactivo al medio ambiente.

9.11. Las medidas de vigilancia que convendría adoptar para comprobar la integridad de la barrera de presión del refrigerante primario del reactor y evaluar su tiempo remanente de vida en servicio comprenden, entre otras posibles, las siguientes:

- mediciones de la tasa de fuga, por ejemplo, cuantificando el flujo de agua de aportación que pasa al circuito primario de refrigeración o el flujo que llega al sumidero de recogida de fugas (en general, estas mediciones deben efectuarse en condiciones de régimen estable con objeto de eliminar los efectos de estados transitorios);
- inspección de la barrera primaria de presión y realización en ella de pruebas de presión hidrostática;
- registro de los valores del sistema en condiciones transitorias y comparación de estos valores con las hipótesis formuladas en el informe de análisis de la seguridad, según proceda;
- realización de pruebas de operatividad y estanqueidad de los dispositivos de cierre que forman parte de las barreras de presión;
- monitorización de los sistemas de detección de fugas (como el instrumental de procesos y monitorización de zonas, los sensores de temperatura o el equipo de detección acústica);
- monitorización destinada a comprobar que se cumplen los requisitos relativos a la temperatura de transición (por ejemplo, ductilidad nula de referencia);
- monitorización de la calidad química de los refrigerantes primario y secundario del reactor, según proceda, y
- monitorización de muestras de los componentes de la vasija de presión del reactor que están sometidos a irradiación.

9.12. Las medidas de vigilancia necesarias para comprobar la integridad de la contención comprenden, entre otras posibles, las siguientes:

- pruebas para determinar la tasa de fuga de la contención;
- pruebas de los cierres herméticos de las penetraciones y de los dispositivos de cierre, como esclusas y válvulas, que forman parte de las barreras, a fin de comprobar su estanqueidad y, cuando proceda, su operatividad;

- inspecciones de la integridad estructural (como inspecciones del revestimiento estanco o de los tendones de pretensado), y
- monitorización de las condiciones imperantes dentro de la contención, como temperatura, presión y composición de la atmósfera.

9.13. El programa de vigilancia debería prever comprobaciones periódicas de la estanqueidad, pruebas de presión o pruebas de fugas en todos los sistemas que tienen partes situadas fuera de la contención y que podrían contener líquidos o gases muy radiactivos en caso de accidente como son, por ejemplo, los siguientes:

- sistemas de extracción del calor residual;
- sistemas de inyección de seguridad;
- sistemas de rociado de la contención;
- sistemas de control químico y volumétrico;
- sistemas de tratamiento de desechos líquidos radiactivos, y
- sistemas de rociado del núcleo (en reactores de agua en ebullición).

9.14. El programa de vigilancia debería prever comprobaciones de la estanqueidad y pruebas de fugas de todos los demás sistemas y componentes diseñados para contener material radiactivo, o la realización continua de pruebas, según proceda.

VIGILANCIA DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD

9.15. La vigilancia de los sistemas de seguridad debería abarcar los sistemas y componentes destinados a parar el reactor y mantenerlo en situación de parada y a garantizar que no se sobrepasen los límites de seguridad a causa de un incidente operacional previsto o durante la operación inicial de los sistemas necesarios para mitigar las consecuencias de condiciones de accidente. Tal mitigación puede conseguirse mediante lo siguiente:

- a) la protección de los sistemas primarios frente a aumentos súbitos de presión inaceptables (p. ej., por la expulsión de vapor o la activación de las válvulas de seguridad y alivio de la presión), o
- b) la activación de los sistemas de protección según lo previsto.

La vigilancia servirá para comprobar la disponibilidad del sistema de protección, incluidas todas las partes redundantes, y para verificar los valores de consigna a los que se produce la activación, así como la aceptabilidad de todos los tiempos de respuesta.

9.16. Convendría someter a vigilancia periódica todas las ESC que cumplen funciones que mitigan las consecuencias de condiciones de accidente a fin de comprobar su disponibilidad y eficacia, en la medida de lo posible, y de detectar toda alteración de su comportamiento. Esas funciones son, entre otras, las siguientes:

- refrigeración de emergencia del núcleo y transporte del calor hasta el sumidero final de calor;
- aislamiento de la contención;
- enfriamiento de la contención y limitación de la presión;
- control de las descargas de efluentes radiactivos resultantes de condiciones de accidente;
- control de gases combustibles dentro de la contención, y
- funcionamiento del sistema de parada de reserva.

9.17. Convendría comprobar que los elementos de apoyo del sistema de seguridad estén disponibles. Las funciones ligadas a ESC importantes para la seguridad que convendría tener en cuenta son, entre otras posibles, las relacionadas con el suministro de:

- energía eléctrica de emergencia;
- agua de refrigeración;
- aire;
- refrigeración y lubricación, y
- control e instrumentación.

VIGILANCIA DE OTROS ELEMENTOS

9.18. Otros elementos que convendría someter a vigilancia son aquellos cuyo fallo probablemente daría lugar o contribuiría a condiciones de inseguridad o de accidente. Se trata de los siguientes:

- sistemas de los que dependen la parada y la refrigeración del reactor en las condiciones normales de la central, en especial sistemas de control como los destinados a controlar y monitorizar la reactividad, la composición química del agua del sistema primario, el suministro de agua de alimentación, la presión o la temperatura del reactor;
- instrumentación para estados operacionales y condiciones de accidente;
- sala de control, en lo tocante a su habitabilidad y acceso;
- tuberías de alta energía y fijaciones correspondientes;

- soportes estructurales (tirantes de la chimenea, soportes de tuberías);
- sistemas de prevención, detección y extinción de incendios;
- equipo e instalaciones de emergencia;
- sistemas de protección frente a sucesos internos y externos;
- sistemas de comunicaciones;
- instalaciones de almacenamiento de combustible irradiado, incluidos los sistemas de limpieza;
- equipo e instalaciones de manipulación del combustible;
- instalaciones de tratamiento y almacenamiento de desechos radiactivos;
- sistemas de control de la velocidad de la turbina y el generador y sus sistemas de protección, cuando proceda, y
- medidas de protección física.

FRECUENCIA Y ALCANCE DE LA VIGILANCIA

Determinación de la frecuencia y el alcance de la vigilancia

9.19. La frecuencia y el alcance de la vigilancia de cada ESC deberían determinarse sobre todo en función de su importancia relativa para la seguridad. También convendría tener en cuenta las limitaciones de acceso y la exigencia de mantener las dosis de radiación absorbidas por el personal en niveles tan bajos como sea razonablemente posible.

9.20. La frecuencia y el alcance de la vigilancia deberían ser los adecuados para satisfacer las siguientes funciones:

- asegurar que los parámetros de la central, incluida la disponibilidad de los elementos especificados, sigan ajustándose a los límites y condiciones operacionales establecidos;
- detectar fallos incipientes o determinar la necesidad de una mayor frecuencia de las actividades de mantenimiento para garantizar que el funcionamiento y la disponibilidad sean satisfactorios;
- asegurar que entre dos operaciones sucesivas de vigilancia no se desarrolle o agrave ningún defecto que llegue hasta el punto de resultar inaceptable o desembocar en condiciones de accidente;
- generar información que haga posible evaluar los posibles efectos de una fatiga excesiva o un envejecimiento prematuro, y
- satisfacer los requisitos pertinentes del órgano regulador o los que figuren en los reglamentos, códigos industriales y normas aplicables.

9.21. Convendría determinar la frecuencia de las actividades de vigilancia atendiendo a lo siguiente:

- importancia para la seguridad y necesidad de cumplir los objetivos de fiabilidad;
- recomendaciones e información de los fabricantes, como los resultados de ensayos de prototipos, pruebas de resistencia y pruebas del ciclo;
- mecanismos de fallo previstos, resultados de los análisis de fiabilidad, edad del elemento o sistema, tipo de componente y condiciones de servicio;
- experiencia acumulada en las actividades de mantenimiento o en las operaciones de la central o de centrales similares en relación con las tasas de fallo, y
- grado de automatización de las actividades de vigilancia.

9.22. Para optimizar la frecuencia de las actividades de vigilancia se puede tomar en consideración lo siguiente:

- grado de redundancia del sistema respectivo, en relación con la necesidad de dejar fuera de servicio determinadas ESC con fines de vigilancia;
- limitaciones operacionales que repercutan en la ejecución de las actividades de vigilancia;
- programación de la vigilancia conjuntamente con otras actividades, como el mantenimiento y las paradas u otros ciclos de explotación previstos;
- facilitación de varias actividades de vigilancia en el transcurso de una parada;
- flexibilidad para permitir márgenes de seguridad razonables sin que ello reste eficacia a la vigilancia;
- flexibilidad para poder realizar actividades de vigilancia en el curso de paradas no programadas;
- flexibilidad para poder efectuar pruebas en el momento en que las condiciones de la central sean más propicias en lo que respecta tanto a la validez de la vigilancia como a la seguridad de la central;
- necesidad de efectuar las operaciones de vigilancia sin lastrar indebidamente la organización de la central y sin dejar de garantizar a la vez la seguridad de la central;
- necesidad de efectuar la vigilancia en estados operacionales que se acerquen lo más posible a las condiciones normales de funcionamiento de los sistemas y componentes de que se trate;
- necesidad de evitar disparos espurios del reactor o efectos negativos en la explotación;

- necesidad de evitar toda disminución innecesaria de la vida en servicio de un componente o la introducción de errores a consecuencia de una excesiva sucesión de pruebas y operaciones;
- exigencia de mantener en niveles tan bajos como sea razonablemente posible las exposiciones del personal a la radiación, y
- consideraciones especiales (véanse por ejemplo los párrafos 9.23 a 9.29).

Consideraciones especiales

9.23. Al utilizar las cifras de fiabilidad calculadas para determinar la frecuencia de las actividades de vigilancia, convendría tener en cuenta las siguientes limitaciones:

- a) la dificultad de obtener datos estadísticamente significativos sobre fallos latentes poco frecuentes;
- b) la dificultad de realizar pruebas suficientes para obtener cifras de fiabilidad concluyentes; en tales casos, para determinar la frecuencia de la vigilancia es posible basarse en las mejores estimaciones sobre futuras tasas de fallo de que disponga la entidad explotadora y demás criterios recomendados en la presente guía de seguridad, y
- c) la dificultad de valorar la importancia de los fallos unicastales.

9.24. Cuando haya escasa experiencia en lo que concierne a la fiabilidad de las ESC, la frecuencia de vigilancia que se determine en un principio debería basarse en premisas conservadoras. A medida que se vaya adquiriendo experiencia se podrán ir introduciendo cambios con arreglo a lo indicado en el párrafo 9.30.

9.25. El número excesivo de ciclos térmicos, mecánicos o de otra índole puede perjudicar la fiabilidad de las ESC. Para reducir el número de ciclos debidos a la realización de pruebas, las pruebas de componentes que cumplen una determinada función de seguridad pueden suspenderse durante los períodos en que no haga falta que esa función en concreto esté disponible, a condición de que se cumplan los requisitos de vigilancia antes de introducir cualquier cambio en el estado operacional que exija que esté accesible la función de seguridad respectiva.

9.26. La fiabilidad de las ESC puede verse menoscabada si se superan los límites tecnológicos definidos por el diseñador. Estos límites deberían tenerse en cuenta en los procedimientos de vigilancia, que deberían incluir criterios de aceptación cuando proceda.

9.27. La fiabilidad de las ESC puede mermar por fallos latentes de origen humano (por ejemplo, el hecho de que una misma persona calibre en un mismo día instrumentos redundantes puede introducir errores similares en ambos componentes y, por tanto, acrecentar la posibilidad de fallo unicausal). Es posible reducir la frecuencia de tales errores, por ejemplo, instituyendo procedimientos detallados.

9.28. Cuando se mantengan en modo de reserva ciertos sistemas y componentes redundantes, convendría establecer rotaciones entre ellos para que todos los componentes tengan un tiempo de funcionamiento parecido y queden así sujetos a procedimientos y frecuencias de vigilancia similares. Convendría ajustar los intervalos de mantenimiento de tal forma que no sea posible que todos los sistemas y componentes se desgasten al mismo tiempo.

9.29. Para tener mayor confianza en que el programa de vigilancia permitirá detectar fallos latentes, convendría, en la medida de lo posible, emplear diversos métodos al someter a prueba los elementos objeto de vigilancia.

Revaluación periódica de la frecuencia y el alcance de la vigilancia

9.30. Periódicamente convendría reevaluar la frecuencia y el alcance de las actividades de vigilancia a fin de comprobar que permiten mantener eficazmente las ESC en buen estado de funcionamiento. Cuando proceda, se pueden emplear métodos basados en análisis probabilistas de seguridad para optimizar la vigilancia. Convendría establecer procedimientos destinados a garantizar que se lleven a cabo esas revaluaciones y que todo cambio que resulte necesario sea aprobado por las autoridades competentes. En estos procesos de revaluación deberían tenerse en cuenta los aspectos siguientes:

- a) el comportamiento de ESC, en particular su tasa de fallo;
- b) las medidas correctivas necesarias tras un fallo;
- c) el comportamiento de ESC similares en centrales y entornos semejantes;
- d) modificaciones del diseño relacionadas con ESC importantes para la seguridad;
- e) información sobre los modos de fallo que causan incidentes anómalos o accidentes, y
- f) los efectos del envejecimiento de los componentes.

MÉTODOS DE VIGILANCIA

Monitorización

9.31. La monitorización proporciona al personal de explotación una indicación inmediata de la situación de la central. Los parámetros que hay que monitorizar son los de mayor importancia para la explotación segura de la central y el estado de las ESC que normalmente no están en funcionamiento pero que pueden tener que funcionar en situaciones anómalas.

9.32. De la monitorización se ocupa generalmente el personal de explotación, bien desde la sala de control principal o en recorridos periódicos de la central. Esta labor consiste en tomar nota de los valores de los parámetros que figuran en los instrumentos, registradores de datos o listados informáticos y en observar las condiciones de la central.

9.33. La monitorización también puede entrañar la toma de muestras, que puede ser automática o manual y estar destinada a análisis químicos, radioquímicos, de materiales o de pureza isotópica. Dado que las técnicas necesarias para la toma de muestras y los análisis son especializadas, de esas actividades en general debería ocuparse personal especialmente capacitado.

Verificación de los instrumentos

9.34. Para verificar la disponibilidad de los canales de instrumentos que facilitan las lecturas convendría seguir uno de los siguientes procedimientos, o ambos:

- a) comparar la lectura de canales que monitorizan una misma variable, admitiendo cierto margen de diferencia en los valores de la variable de proceso que arrojen sensores situados en lugares distintos, y
- b) comparar las lecturas de canales que monitorizan variables distintas y guardan entre sí una relación conocida.

Verificación de la calibración y los tiempos de respuesta

9.35. La prueba de verificación de la calibración tiene por finalidad comprobar si al introducir datos conocidos en el instrumento o canal se obtiene como resultado la salida requerida (analógica, digital o biestable). En los canales analógicos también se pueden verificar la linealidad y la histéresis.

9.36. Debería ser obligatorio realizar pruebas del tiempo de respuesta de los sistemas o subsistemas de seguridad para comprobar que esos tiempos de respuesta quedan dentro de los límites estipulados. La prueba del tiempo de respuesta debería abarcar la mayor porción posible de cada sistema de seguridad (desde la entrada de los sensores hasta el equipo activado) que se pueda incluir en una sola prueba. Cuando no se pueda someter a prueba todo el sistema en su conjunto, desde los sensores hasta el equipo activado, convendría verificar el tiempo de respuesta del sistema midiendo los tiempos de respuesta de segmentos acotados del sistema y comprobando que el conjunto de todos los tiempos de respuesta queda dentro de los límites marcados por los requisitos del sistema entero.

9.37. Convendría verificar la calibración y los tiempos de respuesta mediante pruebas que no obliguen a retirar los detectores del lugar en que están instalados, a menos que con esas pruebas no se pueda determinar si las modificaciones del tiempo de respuesta sobrepasan los límites aceptables. En tales casos, convendría retirar los sensores para efectuar una prueba especial en banco de pruebas, de ser posible. Cuando sea imposible hacerlo, se pueden utilizar los resultados de las pruebas del fabricante, a condición de que:

- a) se obtengan garantías satisfactorias de que el envejecimiento no empeora el comportamiento más allá de límites aceptables;
- b) los resultados de las pruebas del fabricante no queden invalidados por el diseño del sistema en el que está instalado el sensor, y
- c) las pruebas se hayan realizado, y sus resultados se hayan documentado en consonancia con los requisitos de garantía de calidad del programa de garantía de calidad de la entidad explotadora.

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

9.38. La prueba de funcionamiento proporcionará la certeza de que el sistema o componente sometido a prueba está en condiciones de cumplir la función que tiene asignada en el diseño. En la medida de lo posible, las ESC deberían someterse a prueba en las condiciones en que vayan a funcionar cuando estén cumpliendo sus funciones previstas. Una prueba de funcionamiento del equipo debería comprender, según sea conveniente, uno o más de los procesos relacionados a continuación.

- a) Puesta en marcha manual del equipo. La prueba debería durar lo suficiente para que se llegue a condiciones de funcionamiento estables. Cuando no sea

factible poner en marcha un determinado componente, puede ser aceptable utilizar el dispositivo de arranque en posición de “prueba” si el componente después es sometido a prueba en la primera ocasión que permitan las actividades de la central.

- b) Funcionamiento eléctrico de las válvulas controlado manualmente, con la medición del tiempo de carrera cuando proceda. Cuando las condiciones de funcionamiento no permitan una carrera completa de la válvula, puede ser aceptable efectuar una prueba de carrera parcial o una prueba del sistema de control de la válvula; no obstante, durante las paradas de la central se debería realizar sistemáticamente una prueba de carrera completa, de ser posible en condiciones representativas de funcionamiento.
- c) Introducción de una señal de prueba de magnitud apropiada para que se active la acción adecuada o se genere la lectura correcta, según proceda.
- d) Puesta en marcha del dispositivo de accionamiento y observación del funcionamiento resultante.
- e) Ensayo de los valores de consigna calculados automáticamente para verificar la respuesta a cada variable que entra en el cálculo.
- f) Comprobación de la activación manual de las funciones de seguridad.
- g) Ensayo del estado y la operatividad de los enclavamientos, las derivaciones, las señales de derivaciones y pruebas y los sistemas que avisan de derivaciones y pruebas.
- h) Monitorización de los parámetros pertinentes durante la prueba.

Pruebas especiales

9.39. Cuando se estime necesario realizar pruebas o experimentos especiales que no estén contemplados en el programa de vigilancia o no se realicen a menudo, se debería justificar esa necesidad. Convendría preparar un procedimiento especial para cada prueba y someterlo a un examen y evaluación independientes de personas cualificadas, distintas de las que hayan hecho la propuesta, a fin de garantizar que no se transgredan los límites y condiciones operacionales ni la base de diseño y que no se originen condiciones de inseguridad.

9.40. En estos procedimientos especiales deberían especificarse las responsabilidades en la ejecución de las pruebas, aunque la dirección de la central debería ser la máxima responsable de decidir si se debe llevar adelante o no una prueba. En caso de que se observe o anticipe una transgresión no prevista de los límites y condiciones operacionales, el personal de explotación debería cumplir las órdenes permanentes para volver a poner la central en condiciones de seguridad, y la cuestión debería tratarse en una sesión informativa antes de

efectuarse tal prueba o experimento. El procedimiento debería ser sometido al órgano regulador para que este le dé la aprobación previa que se requiera.

Equipo de pruebas

9.41. La entidad explotadora debería garantizar que todo el equipo necesario para efectuar pruebas, ya sea porque lo exige el diseño o porque de algún otro modo lo requiere el programa de vigilancia, esté disponible, en estado de funcionamiento y calibrado. En la medida de lo posible, el equipo de pruebas debería estar instalado de forma permanente.

9.42. Convendría implantar y mantener actualizado un programa de calibración y control del equipo de pruebas y los patrones de referencia utilizados en las actividades de vigilancia. Este programa debería posibilitar la pronta detección de inexactitudes y la aplicación oportuna de medidas correctivas eficaces. También debería incluir los siguientes requisitos generales:

- a) especificación del equipo: convendría especificar el equipo de pruebas utilizado como patrón de referencia de calibración para que se pueda comprobar su estado de calibración;
- b) verificación del equipo: antes de utilizar el equipo de pruebas para una prueba de vigilancia convendría verificar su estado de calibración y operatividad;
- c) procedimientos de calibración: convendría establecer procedimientos detallados para calibrar el equipo de pruebas y ajustar el nivel de exactitud de la calibración a las exigencias de la función de que se trate, empleando, cuando proceda, patrones de referencia, y
- d) registros de calibración: para cada pieza del equipo convendría llevar un registro con que poder comprobar que se han respetado los plazos y los procedimientos establecidos para calibrar el equipo de pruebas y los patrones de referencia.

9.43. Los registros de calibración mencionados en el inciso d) del párrafo 9.42 deberían constituir un historial de calibración que indicara los intervalos entre calibraciones, la fecha de la última calibración, la fecha en que deba realizarse la siguiente calibración, la conformidad o disconformidad con las tolerancias requeridas antes y después de los ajustes y toda eventual limitación de uso. Suele ser aconsejable fijar directamente en el equipo de pruebas una etiqueta adhesiva que indique la fecha de la última calibración y la fecha de la siguiente calibración prevista.

9.44. Cuando se constate que el equipo de pruebas está descalibrado, se debería evaluar la validez de las pruebas efectuadas con posterioridad a la última calibración. A tal efecto convendría conservar un historial de utilización de cada una de las piezas del equipo de pruebas. También convendría señalar con un rótulo u otro medio apropiado los elementos del equipo de pruebas que se haya comprobado que estén descalibrados.

DOCUMENTACIÓN Y REGISTROS DE VIGILANCIA

9.45. Todos los documentos y resultados de las actividades de vigilancia deberían ser conservados conforme a los requisitos de garantía de calidad. A continuación se presenta una lista de documentos habituales relacionados con las actividades de vigilancia:

- registros y diarios con las lecturas de los parámetros del sistema de seguridad;
- listados informáticos y gráficas de aparatos registradores;
- informes de pruebas, calibraciones e inspecciones, que podrían incluir la evaluación de los resultados y las medidas correctivas adoptadas;
- procedimientos de vigilancia;
- registros de las actividades de vigilancia finalizadas;
- informes de las revisiones y auditorías pertinentes, y
- listas de comprobación del estado de sistemas y componentes.

9.46. Esta documentación debería servir de base para los exámenes que se lleven a cabo con los fines siguientes:

- a) comprobar que se respetan los límites y condiciones operacionales, y
- b) detectar tendencias indicativas del deterioro de sistemas o componentes.

10. OTRAS CONSIDERACIONES ESPECÍFICAS SOBRE LA INSPECCIÓN EN SERVICIO

PROGRAMA DE INSPECCIÓN EN SERVICIO

10.1. A lo largo de la vida operacional de una central nuclear los componentes pueden verse expuestos a influencias cuyos efectos, aislados o combinados, son imposibles de predecir para toda la vida operacional de la instalación con

la exactitud que sería deseable para la seguridad nuclear. Los factores que más influyen son la tensión, las altas temperaturas, la irradiación, la absorción de hidrógeno, la corrosión, las vibraciones y el frotamiento de metales, cuyos efectos dependen siempre del tiempo y del historial de explotación. Estas influencias pueden provocar cambios en las propiedades de los materiales debidos a la irradiación o la fragilización térmica, la fatiga por corrosión y la aparición y el aumento de defectos.

10.2. Los sistemas y componentes de la central deberían ser examinados con el fin de detectar su posible deterioro y determinar si su estado es aceptable para que la explotación de la central pueda proseguir en condiciones de seguridad o si deberían adoptarse medidas correctivas. Convendría hacer hincapié en el examen de la barrera de presión de los circuitos de refrigeración primario y secundario en vista de la importancia que revisten para la seguridad y de la posible gravedad de las consecuencias de un fallo.

10.3. El programa de inspección en servicio comprende los exámenes y pruebas que deben efectuarse a lo largo de la vida operacional de la central nuclear. Cabe recalcar que, para aplicar correctamente este programa, antes del comienzo de las operaciones se debería realizar una inspección previa a la puesta en servicio que proporcione los datos básicos de referencia con que después se puedan cotejar los resultados de los exámenes y pruebas del programa de inspección en servicio y se pueda evaluar la aparición de posibles defectos y la aceptabilidad de los componentes.

ALCANCE DE LA INSPECCIÓN EN SERVICIO

10.4. Al definir el alcance del programa de inspección en servicio convendría tomar en consideración los siguientes sistemas y componentes atendiendo a su importancia para la seguridad:

- a) las piezas de componentes del sistema de refrigeración del reactor que tengan por función la retención de la presión;
- b) los componentes del sistema primario de refrigeración del reactor o los conectados a este sistema que sean indispensables para asegurar la parada del reactor y el enfriamiento del combustible nuclear en los correspondientes estados operacionales y en las condiciones de accidente postuladas, y
- c) otros componentes cuyo desprendimiento o fallo pueda poner en peligro los sistemas mencionados en los incisos a) y b), como las tuberías de vapor principales o los conductos de agua de alimentación.

10.5. En términos generales, los componentes sujetos a inspecciones en servicio según lo indicado en el párrafo 10.4 deberían ser examinados por métodos visuales, de superficie y volumétricos. Además, los componentes de retención de la presión deberían ser sometidos a una prueba de fugas para detectar eventuales filtraciones.

10.6. Según su importancia para la seguridad, algunos componentes pueden quedar exentos del examen de superficie y el examen volumétrico en razón de su tamaño, la dimensión de sus conexiones o el número de barreras que haya entre ellos y el combustible o entre ellos y el medio exterior. Sin embargo, en tales casos debería igualmente examinarse la integridad de esos componentes como parte de las pruebas hidráulicas del sistema.

10.7. Es posible reducir el número, frecuencia y alcance de las inspecciones en servicio de sistemas y componentes similares aplicando un programa de muestreo que varíe en función del diseño, el número de componentes o sistemas similares en cuestión, los requisitos operacionales y la existencia de unidades idénticas, cuando se trate de una central con múltiples unidades. La frecuencia de muestreo debería guardar correspondencia con la importancia para la seguridad del componente respectivo y con la tasa de degradación. Convendría programar una selección muestral que posibilite una amplia cobertura de la población de muestra durante un período apropiado.

CALENDARIO DE INSPECCIONES

10.8. Las inspecciones en servicio de las centrales nucleares deberían tener lugar a intervalos cuya duración se determine en función de premisas conservadoras para asegurar que cualquier deterioro del componente más expuesto sea detectado antes de que pueda provocar un fallo. El calendario debería prever la repetición de las inspecciones a lo largo de la vida operacional de la central nuclear. El programa de inspección puede entrañar la realización de inspecciones a intervalos regulares o, de lo contrario, a intervalos que vayan variando durante la vida operacional de la central a fin de mejorar la correlación entre los intervalos de inspección y las probabilidades y características de los fallos de los componentes. En las inspecciones de duración uniforme el intervalo puede programarse para que abarque de unos pocos años a diez años aproximadamente. Por lo que respecta a las inspecciones de duración variable, estos intervalos pueden ser más cortos en los primeros años de la vida operacional de la central e irse prolongando a medida que la experiencia acumulada lo permita. Sea cual fuere el programa que

se adopte, sin embargo, es posible que los resultados de las inspecciones obliguen a abreviar los intervalos hacia el final de la vida operacional de la central.

10.9. Los intervalos de inspección deberían subdividirse en períodos de inspección, en cuyo transcurso habría que llevar a término un número determinado de exámenes, según el componente, el tipo de examen y el acceso permisible durante el funcionamiento normal o las paradas programadas de la central. Esos exámenes pueden considerarse parte de la labor global de inspección requerida durante todo el intervalo.

10.10. Los exámenes que requieran el desmontaje de componentes (por ejemplo, de bombas o válvulas para el estudio volumétrico de grandes empernados, o la retirada de combustible o de estructuras de soporte del núcleo presentes en la vasija del reactor para examinar soldaduras o secciones radiales de tobera), pueden aplazarse hasta el final de cada intervalo de inspección, exceptuando los casos en que, a tenor de los resultados de los exámenes realizados en otros componentes análogos, sea necesario efectuar la inspección antes de ese momento. Ello no debería ir en modo alguno en perjuicio de los requisitos sobre la frecuencia de los exámenes formulados en los códigos de diseño correspondientes (por ejemplo, los de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos o los de la Comisión de Normas de Seguridad Nuclear de Alemania).

PRUEBAS DE PRESIÓN Y DE FUGAS

10.11. Los sistemas y componentes de retención de la presión deberían estar sujetos a:

- a) una prueba de fugas y de presión hidrostática del sistema como parte de la inspección previa a la puesta en servicio;
- b) una prueba de fugas del sistema antes de reanudar la explotación tras una parada del reactor en cuyo transcurso haya podido verse afectada la estanqueidad de la barrera de presión del refrigerante del reactor, y
- c) una prueba de presión hidrostática del sistema al final o hacia el final de cada gran intervalo de inspección, de ser necesario.

10.12. En la medida de lo posible, convendría examinar visualmente los componentes de retención de la presión mientras el sistema esté funcionando en las condiciones de presión y temperatura de prueba. Antes de proceder a este examen, la presión y la temperatura de prueba deberían mantenerse durante un tiempo suficiente para que puedan detectarse todas las posibles fugas. Se debería

tener en cuenta la cuestión de la accesibilidad de los componentes que se vayan a examinar visualmente (en relación, por ejemplo, con la eventual necesidad de retirar el aislamiento). Como parte de estas inspecciones cabe emplear métodos de emisión acústica.

10.13. En caso de que las pruebas antedichas revelen fugas (al margen de las fugas controladas normales), convendría localizar su origen y examinar la zona tanto como fuese necesario para determinar si se requiere cualquier medida correctiva.

10.14. No siempre es posible realizar la prueba final de fugas del sistema a la presión especificada de funcionamiento del sistema o por encima de ella a menos que la central se encuentre a temperatura máxima de funcionamiento. En tales circunstancias convendría efectuar la prueba de fugas aplicando un enfoque graduado, hasta alcanzar, al final, el régimen de pleno funcionamiento.

10.15. Las pruebas practicadas a una presión superior a la presión de diseño del sistema deberían ser de duración limitada, de forma que los componentes no se vean sometidos a niveles excesivos de tensión y deformación.

MÉTODOS Y TÉCNICAS

Consideraciones generales

10.16. Para efectuar los exámenes convendría emplear métodos y técnicas acordes con las normas reconocidas por el órgano regulador. Los exámenes se clasifican en: visuales, de superficie y volumétricos. Cada término califica un método general que hace posible aplicar diferentes técnicas o procedimientos conforme a ese método para tener en cuenta diversos grados de accesibilidad y niveles de radiación y la automatización del equipo empleado para efectuar los exámenes.

Examen visual

10.17. Convendría efectuar un examen visual que aportara información sobre el estado general de la parte, componente o superficie en cuestión, y que incluyera condiciones como la presencia de rayaduras, zonas de desgaste, grietas, la corrosión o erosión de la superficie o indicios de fugas. Cabe la posibilidad de emplear dispositivos ópticos auxiliares como cámaras de televisión, prismáticos o espejos. Como método de examen visual se puede considerar aceptable el uso

de réplicas de superficies, siempre que la resolución en la superficie sea al menos equivalente a la que se puede obtener por observación ocular. Todo examen visual cuya correcta interpretación requiera una superficie limpia o descontaminada debería ir precedido de procesos de limpieza apropiados.

Examen de superficies

10.18. Para confirmar la presencia de defectos de superficie o subsuperficiales, o para delimitarlos, sería conveniente efectuar un examen de superficie. Con este fin puede aplicarse un método de partículas magnéticas, de líquidos penetrantes, de corrientes inducidas o de contacto eléctrico.

Examen volumétrico

10.19. Convendría realizar un examen volumétrico, normalmente basado en técnicas radiográficas o de ultrasonido, con el fin de determinar la presencia, así como la profundidad o el tamaño, de defectos o discontinuidades subsuperficiales. Para detectar la presencia de defectos y también determinar su tamaño pueden utilizarse técnicas radiográficas que emplean radiación penetrante como rayos X, rayos gamma o neutrones térmicos con dispositivos de grabación de imágenes apropiados. Para determinar tanto la longitud como la profundidad de un defecto se utiliza con mucha frecuencia un método de análisis ultrasónico.

Métodos alternativos de examen

10.20. También es posible emplear métodos alternativos de examen, una combinación de métodos u otras técnicas de reciente aparición, siempre que sus resultados sean probadamente equivalentes o superiores a los de los métodos antes mencionados y comparables con ellos.

EQUIPO

10.21. Todo el equipo utilizado para efectuar exámenes y pruebas debería tener niveles de calidad, alcance y exactitud aceptables según los criterios reconocidos por el órgano regulador.

10.22. Deberían aplicarse criterios similares en relativo a los bloques de calibración, cuando estos sean necesarios. Cuando no haya criterios establecidos respecto de los bloques de calibración, estos deberían ser de un material y un acabado de superficie idénticos a los del componente examinado y estar sujetos a

las mismas condiciones de fabricación o construcción (por ejemplo, tratamiento térmico). De ser posible, para efectuar las inspecciones en servicio posteriores convendría utilizar los mismos bloques de calibración empleados con anterioridad en la fabricación y en las inspecciones previas a la puesta en servicio.

10.23. Todos los elementos del equipo y sus accesorios deberían calibrarse antes de ser utilizados. Todo el equipo debería especificarse debidamente en los registros de calibración y la entidad explotadora debería verificar periódicamente la validez de la calibración conforme al programa de garantía de calidad. Para calibrar todos los elementos convendría emplear normas reconocidas por el órgano regulador.

CUALIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INSPECCIÓN EN SERVICIO

10.24. Por “cualificación” se entiende una evaluación sistemática por todos los métodos que se precisen para obtener una confirmación fiable de que el sistema de pruebas no destructivas (esto es, el equipo, los procedimientos y el personal) puede cumplir las funciones requeridas en condiciones reales de inspección.

10.25. La entidad explotadora y el órgano regulador deberían acordar por escrito los pormenores y el alcance de todo proceso de cualificación en función de los ámbitos de inspección requeridos, los métodos de pruebas no destructivas, los defectos que se tratan de localizar y la eficacia de inspección requerida, teniendo en cuenta la importancia para la seguridad de cada caso en particular y la experiencia nacional e internacional correspondiente. Esta declaración relativa al alcance de la inspección o las especificaciones técnicas para cualificarla debería ser consensuada antes de poner en marcha el proceso de cualificación y formar parte de la documentación de ese proceso.

10.26. El órgano de cualificación —esto es, el ente que gestiona, aplica, evalúa y certifica el proceso de cualificación de un sistema de inspecciones en servicio— debería abstenerse de entrar en consideraciones comerciales u operativas. El órgano de cualificación también puede formar parte de la entidad licenciataria en calidad de ente independiente.

10.27. La labor del órgano de cualificación debería regirse por un programa de garantía de calidad que también tenga en cuenta la independencia, imparcialidad y obligación de confidencialidad de este órgano.

10.28. Todo proceso de cualificación debería regirse por protocolos de cualificación establecidos por escrito en que estuvieran claramente definidas las interfaces administrativas y las clases de información (irrestringida, restringida, confidencial) que, con arreglo al proceso de cualificación, las partes interesadas (órgano regulador, órgano de cualificación, licenciataria, entidad inspectora) deben intercambiar, así como las vías y plazos de transmisión de esa información.

10.29. Los procedimientos escritos de cualificación deberían ser elaborados por la entidad explotadora, examinados por el órgano de cualificación y convenidos por todas las partes interesadas. En ellos se debería especificar lo siguiente:

- número, tipo, geometría, materiales y condiciones de superficie de los especímenes de prueba que se vayan a utilizar en los ensayos prácticos;
- tipo y gama de parámetros geométricos de los defectos que se deben detectar o dimensionar en los ensayos prácticos;
- condiciones de los ensayos prácticos (abiertos, ciegos);
- número mínimo y número máximo de unidades de medida defectuosas y no defectuosas;
- criterios de valoración para detectar y dimensionar defectos;
- criterios de aceptación para detectar y dimensionar, y
- requisitos especiales, cuando sean aplicables (por ejemplo, requisitos relativos a limitaciones de tiempo, restricciones de acceso o condiciones del entorno).

10.30. Una vez culminada con éxito la cualificación de un procedimiento de pruebas no destructivas y del correspondiente equipo, el órgano de cualificación debería entregar un certificado a la entidad licenciataria o la entidad inspectora en que consten claramente los aspectos del procedimiento y el equipo que han sido cualificados.

10.31. La certificación de un procedimiento de pruebas no destructivas y del correspondiente equipo debería tener validez indefinida, a menos que se efectúen cambios en el equipo o el procedimiento, o en cualquier documento que establezca requisitos de obligado cumplimiento,

10.32. La entidad explotadora seguirá siendo responsable de la aprobación definitiva del sistema de inspección que utilice la técnica de pruebas no destructivas, para lo cual se basará en los datos probatorios resultantes del proceso de cualificación y en los facilitados por el órgano de cualificación.

10.33. Por cada solicitante que cualifique, el órgano de cualificación debería expedir, separadamente de la entidad inspectora, un certificado de empleo complementario del certificado nacional. Estos certificados de empleo deberían tener una validez limitada en el tiempo y quedar sin efecto en cuanto la persona certificada deje de trabajar para la entidad inspectora que solicitó su cualificación o cuando esta entidad no pueda aportar documentación probatoria de que la persona sigue interviniendo de forma satisfactoria en el proceso de inspección cualificado.

10.34. En cada certificado de empleo debería constar claramente su alcance, esto es, su aplicabilidad y el grado de competencia del personal (en relación, por ejemplo, con el procedimiento, la detección o el dimensionamiento de defectos).

EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS INSPECCIONES EN SERVICIO

10.35. Todo examen que indique un defecto que rebase los criterios de aceptación puede ser complementado con otros exámenes por métodos y técnicas no destructivos que sirvan para caracterizar el defecto (dimensiones, forma y orientación) y determinar con ello si el componente es apto para seguir en funcionamiento. Al elegir estas técnicas y métodos complementarios se debería velar por que las condiciones que afecten al componente sean investigadas exhaustivamente.

10.36. Cuando se efectúe un análisis basado en la mecánica de fracturas convendría analizar las tensiones presentes en la zona del defecto en todas las condiciones de funcionamiento, incluidas las condiciones de accidente postuladas y las condiciones normales de funcionamiento, tanto reales como previstas, y a partir de ahí seleccionar el caso en que las condiciones de tensión sean más desfavorables. Convendría extremar la atención para tener en cuenta todos los aspectos del problema, de manera que el análisis parta siempre de la peor hipótesis posible. Los métodos de cálculo utilizados deberían ajustarse a las normas aceptadas.

10.37. Cuando una evaluación lleve a la conclusión de que sería inaceptable que un determinado componente siguiera en funcionamiento, este componente debería ser reparado o sustituido.

10.38. Cuando en una muestra se descubra un defecto que rebase los criterios de aceptación, convendría realizar exámenes complementarios para estudiar ese

problema en concreto en el análisis de otros componentes (o zonas) análogos, cuyo número debería ser aproximadamente igual al número de componentes (o zonas) examinados en la muestra.

10.39. En caso de que los exámenes complementarios indiquen la presencia de más defectos que rebasen los criterios de aceptación, convendría someter todos los demás componentes (o zonas) análogos a un examen de igual alcance que el especificado para el componente o elemento de la muestra inicial, salvo en los casos en que se apliquen los párrafos 10.40 y 10.41.

10.40. Cuando el examen de tuberías previsto en el programa de muestreo se limite a un lazo o una rama de un trazado de tuberías básicamente simétrico y los exámenes indiquen la presencia de defectos que rebasen los criterios de aceptación, los exámenes complementarios recomendados en el párrafo 10.38 deberían incluir el examen de un segundo lazo o una segunda rama.

10.41. En caso de que el examen del segundo lazo o la segunda rama indique la presencia de otros defectos que rebasen los criterios de aceptación, convendría examinar los demás lazos o ramas que cumplan funciones similares.

10.42. En la medida de lo posible, el orden en que se efectúen los exámenes de componentes durante un intervalo de inspección debería ser mantenido en los intervalos de inspección sucesivos.

10.43. Cuando el examen de un componente lleve a evaluar indicios de defecto y el componente, no obstante, es considerado aceptable para seguir en funcionamiento, la parte del componente que mostró los defectos debería examinarse de nuevo en cada uno de los tres siguientes intervalos de inspección como medida suplementaria recomendable que se añadiría al calendario del programa original.

10.44. En caso de que los repetidos exámenes recomendados en el párrafo 10.43 indiquen que los defectos observados en el componente permanecen básicamente inalterados durante tres intervalos de inspección sucesivos, será posible volver al calendario de inspecciones original en las inspecciones posteriores.

REFERENCIAS Y REGISTRO DE LAS INSPECCIONES EN SERVICIO

10.45. La entidad explotadora y el órgano regulador, cuando proceda, deberían tener fácil acceso a toda la documentación necesaria para implantar debidamente

el programa de inspección en servicio. Esa documentación debería incluir, entre otros, los siguientes elementos:

- especificaciones y planos conforme a obra;
- muestras de los materiales utilizados;
- expedientes de cualificación del personal;
- datos e informes de la inspección previa a la puesta en servicio;
- programa de inspección en servicio y procedimientos detallados de examen y prueba (con inclusión de los códigos y normas pertinentes);
- informes y gráficos resultantes de los exámenes y pruebas;
- registros de calibración;
- criterios de aceptación, y
- evaluaciones.

10.46. El primer elemento de la lista que figura en el párrafo 10.45 debería comprender planos de componentes, especificaciones de materiales, registros de tratamiento térmico, registros del proceso de fabricación, especificaciones y planos de fabricación e instalación, y registros de todo caso en que se hayan aceptado desviaciones con respecto a las especificaciones.

10.47. Los registros de cada actividad deberían comprender lo siguiente:

- a) información sobre la especificación de los componentes, localización y dimensiones del área de inspección, técnica de trabajo, tipo de equipo, tipo de sensor, y equipo y criterios de sensibilidad empleados en la calibración, de tal modo que sea posible repetir la actividad de MV+I y obtener resultados parecidos;
- b) todas las señales pertinentes que superen el nivel mínimo de lectura, junto con toda información útil sobre esas señales (como localización, magnitud, duración);
- c) todas las lecturas obtenidas (cuando no se haya obtenido ninguna señal, convendría consignar el hecho en los registros);
- d) comparaciones con resultados y evaluaciones anteriores;
- e) evaluaciones e informes, y
- f) dosis de radiación recibidas, cuando proceda.

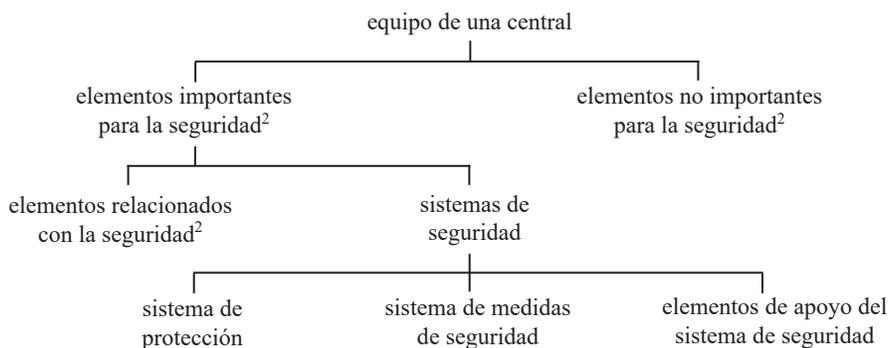
REFERENCIAS

- [1] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Seguridad de las centrales nucleares: Explotación, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° NS-R-2, OIEA, Viena, 2004.
- [2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Quality Assurance for Safety in Nuclear Power Plants and Other Nuclear Installations, Safety Series No. 50-C/SG-Q*, IAEA, Vienna (1996).
- [3] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Límites y condiciones operacionales y procedimientos de operación en las centrales nucleares, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° NS-G-2.2, OIEA, Viena, 2009.
- [4] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Modificaciones en las centrales nucleares, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° NS-G-2.3, OIEA, Viena, 2007.
- [5] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Plantilla de personal para centrales nucleares y contratación, capacitación y autorización de su personal de explotación, Colección Seguridad* N° 50-SG-O1 (Rev. 1), OIEA, Viena, 1995.
- [6] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Evaluación y verificación de la seguridad de las centrales nucleares, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° NS-G-1.2, OIEA, Viena, 2009.
- [7] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Periodic Safety Review of Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. NS-G-2.10*, IAEA, Vienna (2003).
- [8] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Methodology for the Management of Ageing of Nuclear Power Plant Components Important to Safety, Technical Reports Series No. 338*, IAEA, Vienna (1992).
- [9] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Software for Computer Based Systems Important to Safety in Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. NS-G-1.1*, IAEA, Vienna (2000).
- [10] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Seguridad de las centrales nucleares: Diseño, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° NS-R-1, OIEA, Viena, 2004.
- [11] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Instrumentation and Control Systems Important to Safety in Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. NS-G-1.3*, IAEA, Vienna (2002).
- [12] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Core Management and Fuel Handling for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. NS-G-2.5*, IAEA, Vienna (2002).

GLOSARIO

entidad explotadora. Entidad que solicita autorización, o está autorizada por el órgano regulador, para explotar una central nuclear y es responsable de su seguridad tecnológica.

equipo de la central.



elementos de apoyo del sistema de seguridad. Conjunto de equipos que prestan servicios requeridos por el sistema de protección y los sistemas de medidas de seguridad tecnológica, como refrigeración, lubricación y suministro de energía.

elemento importante para la seguridad. Elemento que forma parte de un grupo de seguridad y/o cuyo mal funcionamiento o fallo podría exponer a la radiación al personal del emplazamiento o a miembros del público.

elemento relacionado con la seguridad. Elemento importante para la seguridad que no forma parte de un sistema de seguridad.

sistema de medidas de seguridad. Conjunto del equipo que se requiere para ejecutar las acciones de seguridad necesarias una vez que son activadas por el sistema de protección.

² En este contexto, un “elemento” es una estructura, sistema o componente.

sistema de protección. Sistema que vigila el funcionamiento de un reactor y que, al detectar condiciones anómalas, activa automáticamente medidas para evitar una situación insegura o potencialmente insegura.

sistema de seguridad. Sistema importante para la seguridad establecido para lograr la parada segura del reactor o la eliminación del calor residual del núcleo o para limitar las consecuencias de las incidencias operacionales previstas y de los accidentes base de diseño.

estados de la central.

estados operacionales			condiciones de accidente		
funcionamiento normal	incidentes operacionales previstos	a	accidentes base de diseño	accidentes que sobrepasan la base de diseño	
				b	accidentes severos
				gestión de accidentes	

a. Condiciones de accidente que no se consideran explícitamente accidentes base de diseño, pero que están comprendidas en esta categoría.

b. Accidentes que sobrepasan la base de diseño pero no provocan una degradación importante del núcleo.

accidente base de diseño. Condiciones de accidente en previsión de las cuales se diseña una central nuclear con arreglo a criterios de diseño establecidos y en relación con las cuales el deterioro del combustible y la emisión de material radiactivo se mantienen dentro de límites autorizados.

accidente severo. Accidente más grave que un accidente base de diseño y que ocasiona una degradación importante del núcleo.

condiciones de accidente. Alteraciones del funcionamiento normal más graves que los incidentes operacionales previstos, incluidos los accidentes base de diseño y los accidentes severos.

estados operacionales. Estados que corresponden a la definición de condiciones de funcionamiento normal y de incidencias operacionales previstas.

funcionamiento normal. Funcionamiento dentro de los límites y condiciones operacionales especificados.

gestión de accidentes. Adopción de una serie de medidas durante la evolución de un accidente que sobrepasa la base de diseño, con los fines siguientes:

- impedir que el suceso cobre amplitud y degenera en un accidente severo;
- mitigar las consecuencias de un accidente severo, y
- conseguir un estado seguro y estable a largo plazo.

incidente operacional previsto. Proceso operacional que se aparta del funcionamiento normal y previsiblemente puede darse al menos una vez durante la vida operacional de una instalación pero que, habida cuenta de las disposiciones apropiadas incluidas en el diseño, no ocasiona daños significativos a los elementos importantes para la seguridad tecnológica ni origina condiciones de accidente.

estructuras, sistemas y componentes (ESC). Término general que abarca todos los elementos de una instalación o actividad que contribuyen a la protección y seguridad, con excepción de los factores humanos. Las *estructuras* son los elementos pasivos: edificios, vasijas, blindajes, etc. Un *sistema* comprende varios componentes, montados de tal manera que desempeñen una función específica (activa).

explotación. Todas las actividades que se realizan para que una instalación autorizada cumpla el propósito para el que se construyó. En el caso de una central nuclear, quedan comprendidos el mantenimiento, la recarga, la inspección en el servicio y otras actividades conexas.

inspección. Examen, observación, labor de vigilancia, medición o ensayo que se realiza para evaluar estructuras, sistemas y componentes y materiales, así como actividades operacionales, procesos técnicos, procesos de organización, procedimientos y la competencia del personal.

inspección en servicio. Inspección de estructuras, sistemas y componentes realizada por la entidad explotadora o en su nombre.

licencia. Documento jurídico que expide el órgano regulador por el cual autoriza la ejecución de las actividades especificadas en relación con el

emplazamiento, diseño, construcción, puesta en servicio, explotación y clausura de una central nuclear.

licenciatario. Titular de una licencia en vigor.

límites y condiciones operacionales. Conjunto de reglas que establecen los límites de parámetros, la capacidad funcional y los niveles de rendimiento del equipo y el personal aprobados por el órgano regulador para la explotación segura de una instalación autorizada.

mantenimiento. Actividad organizada, de índole tanto administrativa como técnica destinada a mantener las estructuras, sistemas y componentes en buenas condiciones de funcionamiento, lo que incluye aspectos tanto preventivos como correctores (o de reparación).

mantenimiento centrado en la fiabilidad (MCF). Proceso encaminado a especificar los requisitos de mantenimiento preventivo aplicables a los sistemas y el equipo relacionados con la seguridad con el fin de impedir posibles fallos o de controlar de manera óptima los modos de fallo. En el MCF se utiliza un árbol lógico de decisión para determinar los requisitos de mantenimiento según las consecuencias de cada fallo para la seguridad y para el funcionamiento y según el mecanismo de degradación causante de los fallos.

mantenimiento correctivo. Medidas de reparación, renovación o sustitución por las que se restablece la capacidad de una estructura, sistema o componente averiado para funcionar conforme a los criterios de aceptación.

mantenimiento periódico. Modalidad de mantenimiento preventivo que consiste en realizar labores de revisión, sustitución de componentes, vigilancia o ensayo a intervalos predeterminados, ya sea por fechas, por tiempo de funcionamiento o por número de ciclos.

mantenimiento predictivo. Modalidad de mantenimiento preventivo que se realiza ininterrumpidamente o a intervalos establecidos según las condiciones observadas para vigilar, diagnosticar o determinar la tendencia de los indicadores de las condiciones de una estructura, sistema o componente. Los resultados indican la capacidad funcional presente y futura o el tipo de mantenimiento programado y su calendario.

mantenimiento preventivo. Medidas que permiten detectar, impedir o mitigar la degradación de una estructura, sistema o componente funcional con objeto de mantener o prolongar su vida útil controlando la degradación y los fallos y manteniéndolos en un nivel aceptable.

mantenimiento programado. Modalidad de mantenimiento preventivo que consiste en programar y realizar reparaciones o sustituciones antes de toda degradación inaceptable de una estructura, sistema o componente.

monitorización de las condiciones. Pruebas, inspecciones, mediciones o análisis de tendencias del comportamiento o las características físicas de las estructuras, sistemas y componentes (ESC), realizadas de forma continua o periódica, para determinar el comportamiento actual o futuro y las posibilidades de que se produzcan fallos. En general este proceso se lleva a cabo con métodos no intrusivos.

órgano regulador. Autoridad o conjunto de autoridades a las que el gobierno de un Estado confiere facultades legales para llevar a cabo el proceso de reglamentación, incluida la concesión de autorizaciones y, de este modo, reglamentar la seguridad nuclear, radiológica, de los desechos radiactivos y del transporte. La autoridad competente nacional encargada de regular la seguridad del transporte de material radiactivo queda incluida en esta descripción, al igual que el órgano regulador en materia de protección y seguridad.

pruebas de vigilancia. Ensayos periódicos destinados a verificar que las estructuras, sistemas y componentes continúan funcionando o están en condiciones de desempeñar sus funciones cuando se requiera.

puesta en servicio. Proceso por el cual, una vez construidos los sistemas y componentes de las instalaciones y actividades, se ponen estos en marcha y se verifica que se ajusten al diseño y cumplan los criterios de comportamiento exigidos. La puesta en servicio puede incluir ensayos tanto no nucleares y/o no radiactivos como nucleares y/o radiactivos.

vida en servicio. Intervalo de tiempo que transcurre desde que una estructura, sistema o componente empieza a funcionar hasta que es retirada definitivamente del servicio.

vida operacional. Intervalo de tiempo durante el cual una instalación autorizada se emplea, hasta su clausura o cierre, para los fines para los que fue construida.

COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y LA REVISIÓN

Čepček, S.	Autoridad Reguladora Nuclear (República Eslovaca)
Denislamov, A.	Rosenergoatom (Federación de Rusia)
Domenech, M.	Consejo de Seguridad Nuclear (España)
Heinsohn, H.	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (Alemania)
Hinttala, J.	Autoridad de Seguridad Radiológica y Nuclear (Finlandia)
Rae, A.	Dirección de Sanidad y Seguridad (Reino Unido)
Shannon, M	Magnox Electric plc (Reino Unido)
Sighicelli, S.	Electricité de France (Francia)
Vaišnys, P.	Organismo Internacional de Energía Atómica

This publication has been superseded by Colección de normas de seguridad N° 74.

ENTIDADES ENCARGADAS DE LA APROBACIÓN DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD

Comité sobre Normas de Seguridad Nuclear

Alemania: Wendling, R. D.; *Argentina:* Sajaroff, P.; *Bélgica:* Govaerts, P. (Presidente); *Brasil:* Salati de Almeida, I. P.; *Canadá:* Malek, I.; *China:* Zhao, Y.; *España:* Mellado, I.; *Estados Unidos de América:* Murphy, J.; *Federación de Rusia:* Baklushin, R. P.; *Finlandia:* Reiman, L.; *Francia:* Saint Raymond, P.; *India:* Venkat Raj, V.; *Italia:* Del Nero, G.; *Japón:* Hirano, M.; *México:* Delgado Guardado, J. L.; *Países Bajos:* de Munk, P.; *Pakistán:* Hashimi, J. A.; *Reino Unido:* Hall, A.; *República de Corea:* Lee, J.-I.; *Suecia:* Jende, E.; *Suiza:* Aberli, W.; *Ucrania:* Mikolaichuk, O.; *Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE:* Royen, J.; *Comisión Europea:* Gómez-Gómez, J.A.; *OIEA:* Hughes, P. (Coordinador); *Organización Internacional de Normalización:* d'Ardenne, W.

Comisión sobre Normas de Seguridad

Alemania: Renneberg, W., Wendling, R. D.; *Argentina:* D'Amato, E.; *Brasil:* Caubit da Silva, A.; *Canadá:* Bishop, A., Duncan, R. M.; *China:* Zhao, C.; *España:* Martín Marquín, A.; *Estados Unidos de América:* Travers, W. D.; *Federación de Rusia:* Vishnevskij, Yu. G.; *Francia:* Lacoste, A.-C., Gauvain, J.; *India:* Sukhatme, S. P.; *Japón:* Suda, N.; *Reino Unido:* Williams, L. G. (Presidente), Pape, R.; *República de Corea:* Kim, S.-J.; *Suecia:* Holm, L.-E.; *Suiza:* Jeschki, W.; *Ucrania:* Smyshlayaev, O. Y.; *Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE:* Shimomura, K.; *Comisión Internacional de Protección Radiológica:* Clarke, R. H.; *OIEA:* Karbassioun, A. (Coordinador).

This publication has been superseded by Colección de normas de seguridad N° 74.



IAEA

Organismo Internacional de Energía Atómica

N° 26

PEDIDOS DE PUBLICACIONES

Las publicaciones de pago del OIEA pueden adquirirse a través de los proveedores que se indican a continuación o en las principales librerías locales.

Los pedidos de publicaciones gratuitas deben hacerse directamente al OIEA. Al final de la lista de proveedores se proporcionan los datos de contacto.

AMÉRICA DEL NORTE

Bernan / Rowman & Littlefield

15250 NBN Way, Blue Ridge Summit, PA 17214, EE. UU.

Teléfono: +1 800 462 6420 • Fax: +1 800 338 4550

Correo electrónico: orders@rowman.com • Sitio web: www.rowman.com/bernan

Renouf Publishing Co. Ltd

22-1010 Polytek Street, Ottawa, ON K1J 9J1, CANADÁ

Teléfono: +1 613 745 2665 • Fax: +1 613 745 7660

Correo electrónico: order@renoufbooks.com • Sitio web: www.renoufbooks.com

RESTO DEL MUNDO

Póngase en contacto con su proveedor local de preferencia o con nuestro distribuidor principal:

Eurospan Group

Gray's Inn House

127 Clerkenwell Road

Londres EC1R 5DB

Reino Unido

Pedidos comerciales y consultas:

Teléfono: +44 (0)176 760 4972 • Fax: +44 (0)176 760 1640

Correo electrónico: euroman@turpin-distribution.com

Pedidos individuales:

www.eurospanbookstore.com/iaea

Para más información:

Teléfono: +44 (0)207 240 0856 • Fax: +44 (0)207 379 0609

Correo electrónico: info@eurospangroup.com • Sitio web: www.eurospangroup.com

Los pedidos de publicaciones, tanto de pago como gratuitas, pueden enviarse directamente a:

Dependencia de Mercadotecnia y Venta

Organismo Internacional de Energía Atómica

Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Viena, Austria

Teléfono: +43 1 2600 22529 o 22530 • Fax: +43 1 26007 22529

Correo electrónico: sales.publications@iaea.org • Sitio web: <https://www.iaea.org/es/publicaciones>

This publication has been superseded by Colección de normas de seguridad N° 74.

This publication has been superseded by Colección de normas de seguridad N° 74.

This publication has been superseded by Colección de normas de seguridad N° 74.

Seguridad mediante las normas internacionales

**ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA
VIENA**